

## سنتز و بررسی خواص ساختاری و ضد میکروبی نانوساختارهای تنگستات روی آرایش یافته به سربوم (ZnWO<sub>4</sub>:Ce)

صادق آزاد مهر<sup>۱</sup>، رضوان صادقی حقیقی<sup>۲</sup>، ساناز علمداری<sup>۳\*</sup>، مجید جعفر تفرشی<sup>۴\*</sup>، محمود احمدی همدانی<sup>۴</sup>، حمید استاجی<sup>۵</sup>، آیدا حاجی طاهری<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشکده فیزیک، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

<sup>۲</sup> گروه بیوتکنولوژی، دانشکده علوم و فناوری های نوین، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

<sup>۳</sup> دانشکده نانو، پردیس علوم و فناوری های نوین، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

<sup>۴</sup> گروه علوم بالینی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

<sup>۵</sup> گروه پاتوبیولوژی، دانشکده دامپزشکی دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

### چکیده

در این پژوهش، نانوپودرهای تنگستات روی (ZnWO<sub>4</sub>) با روش همرسوبی تهیه و تأثیر آرایش با عنصر سربوم (Ce) بر خواص ساختاری و ضد میکروبی آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. ZnWO<sub>4</sub> به دلیل ویژگی‌هایی نظیر پایداری حرارتی بالا، مقاومت شیمیایی، و توانایی جذب پرتوهای فرابنفش، کاربردهای متعددی در زمینه‌های زیست‌پزشکی، تصفیه آب، و کاتالیز نوری دارد. این تحقیق، نتایج حاصل از آنالیزهای ساختاری نشان داد که حضور سربوم در ساختار ZnWO<sub>4</sub> موجب بهبود نظم شبکه بلوری، افزایش بلورینگی، و تقویت استحکام ساختاری نانوپودر شد. از سوی دیگر، آزمون‌های زیستی نشان دادند که نانومواد سنتز شده دارای فعالیت ضد میکروبی چشمگیری علیه باکتری‌های گرم مثبت مانند *Staphylococcus aureus* و گرم منفی مانند *Escherichia coli* هستند. این فعالیت در نمونه‌های آرایش یافته با Ce نسبت به نمونه‌های خالص قوی‌تر بود که دلیل آن تولید بیشتر گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) و تخریب مؤثرتر دیواره سلولی باکتری‌ها عنوان شده است. یافته‌های این پژوهش بیانگر قابلیت کاربرد این نانومواد در حوزه‌های پزشکی، ضد عفونی کننده‌ها، و بسته‌بندی‌های ضد میکروب است.

**واژگان کلیدی:** تنگستات روی، آرایش، خواص ضد میکروبی، خواص ساختاری

ایمیل نویسنده مسئول: [mtafreshi@semnan.ac.ir](mailto:mtafreshi@semnan.ac.ir); [s.alamdari@semnan.ac.ir](mailto:s.alamdari@semnan.ac.ir)

### 1- مقدمه

آرایش نانومواد تنگستات روی با سربوم، به‌عنوان راهبردی برای بهبود خواص ساختاری و عملکردی آن‌ها مطرح شده است [۱۲]. سربوم، به‌عنوان یک عنصر آلاینده، می‌تواند خواص الکتریکی [۱۳]، حرارتی [۱۴] و مکانیکی [۱۵] نانومواد را تحت تأثیر قرار داده و بهبود بخشد. همچنین، این آرایش می‌تواند به افزایش فعالیت آنتی‌باکتریالی نانومواد کمک کرده و آن‌ها را به گزینه‌ای جذاب برای کاربردهای پزشکی تبدیل کند؛ از جمله در تصویربرداری‌هایی مانند پرتو **دنیای نانو** ایکس و توموگرافی که بهبود کیفیت تصویر حائز اهمیت است. سایر کاربردهای پزشکی این نانومواد شامل درمان

در دهه‌های اخیر، نانومواد به‌عنوان یکی از مهم‌ترین و پرکاربردترین مواد در علم و فناوری شناخته شده‌اند [۱-۳]. نانومواد تنگستات روی به‌دلیل خواص فیزیکی و شیمیایی منحصر به فرد خود [۴-۶]، توجه زیادی را در زمینه‌های مختلفی از جمله پزشکی [۷]، الکترونیک [۸] و محیط‌زیست [۹] به خود جلب کرده‌اند. این نانومواد به‌ویژه به‌دلیل قابلیت‌های آنتی‌باکتریالی خود مورد بررسی قرار گرفته‌اند که می‌تواند در مبارزه با عفونت‌ها و بیماری‌های ناشی از باکتری‌ها بسیار مؤثر باشد [۱۰، ۱۱].

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۲۰ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۲/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۳۰

هیدروترمال، و سل-ژل [۹-۲۳] سنتز شده‌اند. در این تحقیق، سنتز نانومواد با استفاده از روش هم‌رسوبی انجام شده است. باکتری‌های *Escherichia coli* (E. coli) و *Staphylococcus aureus* (S. aureus) در محیط کشت مناسب (Nutrient Agar) کشت داده شده و در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. پس از این مرحله، پلیت‌ها به بخش‌های مساوی تقسیم شدند و چاهک‌های مربوط به هر نمونه ایجاد گردید. سپس مقدار مشخصی از نانومواد تنگستات روی و تنگستات روی آلاییده به سریم با غلظت‌های مختلف درون چاهک‌ها ریخته شد. پلیت‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دستگاه انکوباتور قرار گرفتند و پس از آن، قطر هاله عدم رشد اندازه‌گیری شد. برای بررسی دقیق‌تر، نانومواد با غلظت‌های مختلف در پلیت‌های ۹۶ خانه‌ای تزریق شدند. مقادیر مورد نظر با استفاده از سمپلر به دقت به خانه‌های مربوط منتقل گردید و پس از پایان تزریق، پلیت‌ها برای مدت ۲۴ ساعت در انکوباتور قرار داده شدند. سپس با استفاده از نتایج، حداقل غلظت مهارتی (MIC) و حداقل غلظت کشنده باکتری (MBC) محاسبه شد. برای تعیین MIC، رقت‌های مختلفی از نانومواد تهیه و به محیط کشت حاوی باکتری‌ها اضافه گردید. پس از دوره انکوباسیون، رشد باکتری‌ها از طریق طیف‌سنجی یا بررسی بصری ارزیابی شد.

### ۳- بحث و تحلیل نتایج

#### خواص ساختاری

الگوهای پراش XRD مطابق با شکل ۲ نشان‌دهنده‌ی تطابق نمونه‌های سنتز شده با ساختار مونوکلینیک و کد استاندارد مربوطه تنگستات روی است. حضور سریم در شبکه بلوری منجر به کاهش و شیفت پیک‌ها به سمت زاویه‌های کمتر شد، که این تغییر ناشی از تأثیر رشعاع یون سریم بر پارامترهای شبکه بلوری ماده میزبان است. علاوه

سرطان [۱۶]، تشخیص بیماری [۱۷]، ترمیم بافت‌ها [۱۸] و خواص ضد میکروبی [۱۰] می‌باشد.

در سال‌های اخیر، پژوهشگران زیادی با نانومواد تنگستات روی و دوپینگ آن با عناصر مختلف کار کرده‌اند. از جمله این پژوهشگران می‌توان به آل احمد و همکاران اشاره کرد که ساخت نانوکامپوزیت‌های اکسید گرافن کاهش یافته  $ZnWO_4/GZW$  را از طریق یک روش رسوب‌دهی ساده گزارش کردند [۱۰]. آن‌ها نشان دادند که شدت پاسخ جریان نوری بالا و شعاع قوس کوچک‌تر در نمودار امپدانس الکتروشیمیایی (EIS) برای GZW نسبت به  $ZnWO_4$ ، گواهی بر اثر هم‌افزایی GO در بهبود پاسخ نوری  $ZnWO_4$  تحت نور مرئی است.

هی بوهه و همکاران، نانوکامپوزیت‌های نانومیله‌ای  $ZnWO_4/AgCl$  (ZWAC NRs) را با استفاده از روش هیدروترمال ساده طراحی و سنتز کردند. این مطالعه نشان داد که مواد ZWAC NRs حاصل، انتخاب‌هایی بسیار امیدوارکننده برای تصفیه محیط، ضد عفونی باکتریایی و مقابله با رسوب دریایی هستند [۱۱].

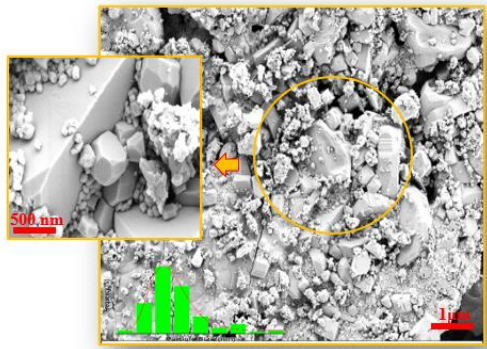
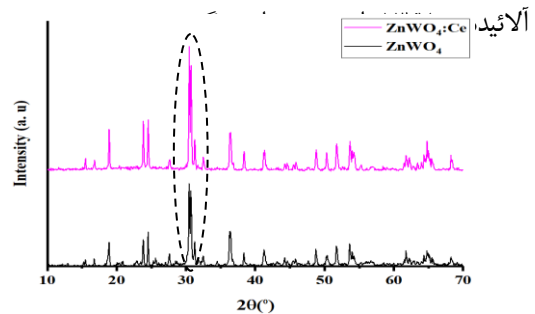
کاویتا کاروپیا و همکاران، تنگستات روی-مس را با ترکیب‌های مختلف و از طریق روش سول-ژل با واسطه ساکارز (SSG) و همچنین روش متاتز به کمک مایکروویو (MWMA) سنتز کردند. نتایج نشان داد که نانوذرات ZCW-S برای مهار سلول‌های قارچی از مکانیسم "آپوپتوز" بهره می‌گیرند و یون  $Cu^{2+}$  در ZCW-S تحت مکانیسم "هومئوستاز" عمل می‌کند. در این مطالعه مشخص شد که نانوذرات ZCW-S در برابر استافیلوکوکوس اورئوس، نسبت به داروی استاندارد آزیترومایسین مؤثرتر عمل می‌کنند [۲۰].

هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر نانومواد تنگستات روی خالص و آلایش‌یافته با سریم بر خواص ساختاری و فعالیت ضد میکروبی آن‌هاست.

### ۲- بخش تجربی و فعالیت‌های آزمایشگاهی

نانومواد تنگستات روی و تنگستات روی آلاییده به سریم با استفاده از روش‌های مختلفی از جمله هم‌رسوبی

بر این، اندازه بلورک در نمونه خالص ۲۱ نانومتر و در نمونه



شکل ۲: بالا) تصویر FESEM نمونه ZnWO4 - پایین) تصویر FESEM نمونه ZnWO4: Ce

جدول ۲: محاسبه اندازه متوسط ذرات بوسیله نرم افزار Digimizer

نمونه	D(nm)	Standard Deviation
ZnWO4	۱۹۶/۲	۳۷/۳۴
ZnWO4: Ce	۹۱/۷۱	۲۱/۰۵

### بررسی نتایج (FTIR)

شکل ۳ طیف FTIR نمونه‌های مورد بررسی را نشان می‌دهد. هر دو نمونه در ناحیه  $3400\text{ cm}^{-1}$  دارای پیک‌های جذبی هستند که به گروه‌های هیدروکسیل (O-H) ناشی از جذب رطوبت محیط نسبت داده می‌شود. در نمونه آلاینده با سریم ( $\text{ZnWO}_4:\text{Ce}$ )، شدت این پیک‌ها بیشتر است که می‌تواند بیانگر افزایش جذب آب یا تغییر در سطح نانوذرات باشد. باندهای مشخصه‌ی کششی W-O و Zn-O در محدوده  $900\text{--}400\text{ cm}^{-1}$  مشاهده می‌شوند که تأییدکننده حضور ساختار تنگستات روی ( $\text{ZnWO}_4$ ) در هر دو نمونه است. موقعیت دقیق این باندها معمولاً در بازه  $500\text{--}900\text{ cm}^{-1}$  قرار دارد. در نمونه آلاینده با سریم ( $\text{ZnWO}_4:\text{Ce}$ )، تغییراتی در شدت و پهنای برخی از باندها، به‌ویژه در محدوده  $500\text{--}1000\text{ cm}^{-1}$  دیده می‌شود که احتمالاً ناشی از جایگزینی سریم در شبکه‌ی  $\text{ZnWO}_4$  است. همچنین، افزایش شدت باندهای مربوط به O-H در این نمونه می‌تواند نشان‌دهنده دنیای نانو افزایش نقص‌های ساختاری و در نتیجه، جذب بیشتر رطوبت باشد.

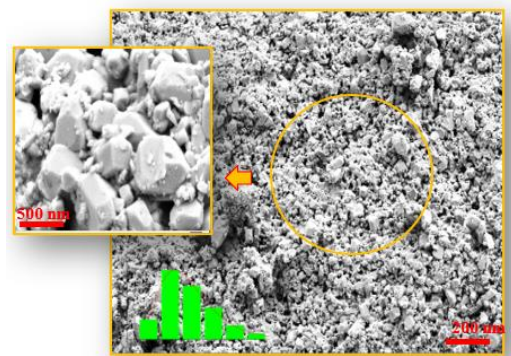
شکل ۱: نمودار الگوی پراش پرتو ایکس دو نمونه تهیه شده خالص و آلاینده

جدول ۱: محاسبه اندازه بلورک بوسیله رابطه شرر

نمونه	Crystallite size	Lattice strain
ZnWO4	۲۱	۰/۰۰۲
ZnWO4: Ce	۱۳/۷	۰/۰۹۵

### تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (FESEM)

تصاویر FESEM در شکل ۲ نشان دادند که در نانومواد تنگستات روی استفاده از دوپینگ سریم باعث کاهش اندازه متوسط ذرات نسبت به ترکیب پایه شود که این را می‌توان به تاثیر سریم در ساختار تنگستات روی دانست. این نتیجه با نتایج الگوی پرتو ایکس برای نمونه‌های انجام شده مطابقت دارند.



شکل ۴: الف و ب) تصویر بترتیب هاله عدم رشد باکتری *E. coli* نمونه  $ZnWO_4$  و  $ZnWO_4: Ce$  (ج و د) تصویر بترتیب هاله عدم رشد باکتری (*S. aureus*) نمونه  $ZnWO_4$  و  $ZnWO_4: Ce$

### تست حداقل غلظت مهارندگی (MIC) و تست حداقل غلظت کشندگی (MBC)

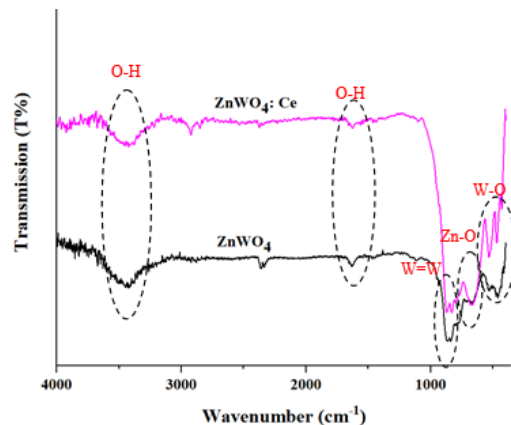
مطابق شکل ۵، در بررسی حداقل غلظت مهارندگی (MIC) و حداقل غلظت کشندگی (MBC) برای نمونه  $ZnWO_4$  در برابر باکتری *E. coli* مقدار MIC برابر با ۲٫۲ گرم بر میلی لیتر و مقدار MBC برابر با ۸۰۸ گرم بر میلی لیتر به دست آمد. اما با افزودن عنصر سریم به این ترکیب، حداقل غلظت مهارندگی به ۰٫۲۷۵ گرم بر میلی لیتر و حداقل غلظت کشندگی به ۱٫۱ گرم بر میلی لیتر کاهش یافت. این نتایج نشان دهنده افزایش قابل توجه اثر بازدارندگی و کشندگی باکتری در نمونه حاوی سریم نسبت به نمونه فاقد آن است



شکل ۵: الف) (MBC) باکتری (*S. aureus*) نمونه  $ZnWO_4$  (ب) - (MBC) باکتری (*S. aureus*) نمونه  $ZnWO_4: Ce$  (ج) - (MBC) باکتری (*E. coli*) نمونه  $ZnWO_4$  (د) - (MBC) باکتری (*E. coli*) نمونه  $ZnWO_4: Ce$

### ۴- نتیجه گیری

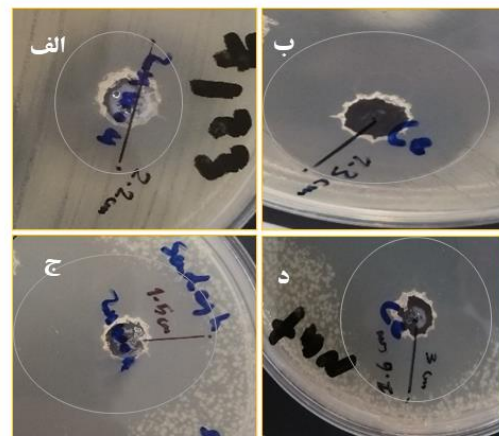
افزودن سریم به ساختار تنگستات روی منجر به تغییر در ویژگی‌های کریستالی نانومواد شد. در نمونه‌های تنگستات روی آلایش یافته به سریم، اندازه ذرات کوچک‌تر است و به همین دلیل می‌تواند سطح فعال تری داشته باشند.



شکل ۳: نمودار FTIR دو نمونه تهیه شده

### نتایج خواص ضد میکروبی - تست چاهک

در آزمایش‌های تعیین حداقل غلظت مهارندگی (MIC) و حداقل غلظت کشندگی (MBC)، از دو نمونه  $ZnWO_4$  و  $ZnWO_4: Ce$  و باکتری *E. coli* استفاده شد. نتایج به دست آمده نشان داد که افزودن عنصر سریم به تنگستات روی، در مقایسه با نمونه خالص، باعث افزایش خاصیت بازدارندگی و کشندگی آن شده و امکان مهار باکتری را با غلظت کمتری از دارو فراهم می‌کند. همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، در مورد باکتری *E. coli*، نمونه آلیاژ به سریم دارای هاله عدم رشد بزرگ‌تری نسبت به نمونه خالص است که نشان دهنده قدرت بیشتر این ترکیب در نابودی باکتری می‌باشد. اما در مورد باکتری *S. aureus*، اندازه هاله عدم رشد برای هر دو نمونه برابر و حدود ۳ سانتی‌متر گزارش شده است.



tungstate/curcuma longa'z-scheme heterostructured photocatalyst for the degradation of methyl orange and phenol, *Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis*, (2025) 1-15.

[5] S. Azadmehr, M.J. Taftreshi, S. Alamdari, Synthesis, characterization and scintillation response of ZnWO<sub>4</sub>-GO nanocomposite, *Journal of Composites and Compounds*, 4 (2022) 158-162.

[6] P. Sengodan, S. Ravichandran, S. Ravichandran, A. Saravanan, S. Vickram, Evaluation of Nickel Cobalt Tungstate Nanocomposites and Their Potential Photocatalytic Studies Using Acid Green and Acid Red Dyes, *Environmental Quality Management*, 34 (2025) e70013.

[7] G. Palanisamy, B. Kandasamy, J. Lee, P. Thangavelu, Engineering 0D/2D design of zinc sulfide quantum dots encapsulated with yttrium tungstate nanosheets for improving decomposition of organic dyes and doxycycline hydrochloride drug, *Journal of Colloid and Interface Science*, 676 (2024) 906-917.

[8] Y. Liu, C. Xing, Z. Yao, Q. Deng, T. Liang, S. Zhang, J. Pan, Z. Yu, T. Xie, R. Li, Co-doped bismuth vanadate/zinc tungstate heterojunction with dual internal electric fields for efficient photocatalytic reduction of carbon dioxide, *Journal of Colloid and Interface Science*, 677 (2025) 1095-1106.

[9] H.L. Abubakar, J.O. Tijani, S.A. Abdulkareem, A. Mann, S. Mustapha, A review on the applications of zinc tungstate (ZnWO<sub>4</sub>) photocatalyst for wastewater treatment, *Heliyon*, 8 (2022).

[10] A.I. Ahmed, D.A. Kospa, S. Gamal, S.E. Samra, A.A. Salah, S.A. El-Hakam, A.A. Ibrahim, Fast and simple fabrication of reduced graphene oxide-zinc tungstate nanocomposite with enhanced photoresponse properties as a highly efficient indirect sunlight driven photocatalyst and antibacterial agent, *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 429 (2022) 113907.

طبق بررسی طیف‌سنجی FTIR، حضور ارتعاشات مشخصه‌ی مربوط به پیوندهای Zn-O، W-O و O-H تأییدکننده ساختار ZnWO<sub>4</sub> و نیز آرایش آن با سرییم است. نانومواد تنگستات روی آرایش‌یافته به سرییم، به دلیل حضور سرییم، از پایداری ساختاری بیشتری در شرایط مختلف برخوردارند که این موضوع می‌تواند تأثیر مثبتی بر عملکرد ضد میکروبی آن‌ها داشته باشد. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که این نانومواد دارای فعالیت ضد میکروبی قوی‌تری نسبت به تنگستات روی خالص هستند. این افزایش فعالیت به دلیل سطح تماس بیشتر و نقش فعال سرییم در مهار رشد باکتری‌ها می‌باشد. اندازه‌گیری قطر هاله عدم رشد نشان داد که نانومواد آرایش‌یافته به سرییم به‌طور مؤثرتری رشد باکتری *E. coli* را مهار می‌کنند، به‌طوری‌که قطر هاله عدم رشد برای این نمونه حدود ۲،۳ سانتی‌متر گزارش شد. این نتایج بیانگر پتانسیل بالای این نانومواد در کاربردهای پزشکی و خواص آنتی‌باکتریال است.

## 5. منابع

[1] U. Das, A. Das, R. Das, A.K. Das, Nanotechnology of colour: quantum dots (QDs), photonic crystals (PCs) and plasmonic nanoparticles, *Reviews in Inorganic Chemistry*, (2025).

[2] S. Tian, J. Wang, Y. Jie, Z. Ding, X. Wang, J. Wang, X. Hou, MnO<sub>2</sub> nanoparticles enhance the activity of the Zr-MOF matrix electrochemical sensor for efficiently identifying ultra-trace tetracycline residues in food, *Microchimica Acta*, 192 (2025) 1-11.

[3] W. Wang, P. Gao, H. Gui, X. Wei, H. Zhang, X. Wang, Copper-based nanomaterials for the treatment of bacteria-infected wounds: material classification, strategies and mechanisms, *Coordination Chemistry Reviews*, 522 (2025) 216205.

[4] I. Arora, S. Garg, H. Chawla, A. Sapi, P.P. Ingole, S. Sagadeven, A.A. Khan, S. Fatima, A. Chandra, Visible-light-active 'bismuth



- [18] N.L.H. Chávez, E.D. de Avila, P.A. Barbugli, R.C. de Oliveira, C.C. de Foggi, E. Longo, C.E. Vergani, Promising effects of silver tungstate microcrystals on fibroblast human cells and three dimensional collagen matrix models: A novel non-cytotoxic material to fight oral disease, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 170 (2018) 505-513.
- [19] M. Arshad, S. Ehtisham-ul-Haque, M. Bilal, N. Ahmad, A. Ahmad, M. Abbas, J. Nisar, M. Khan, A. Nazir, A. Ghaffar, Synthesis and characterization of Zn doped WO<sub>3</sub> nanoparticles: photocatalytic, antifungal and antibacterial activities evaluation, *Materials Research Express*, 7 2020 015407.
- [20] K. Karuppiah, K. Rajendran, B.M. Dakshinamoorthi, A.A.P. Thomas, V. Rajaraman, Structural characterization, spectral investigation and antimicrobial studies Of ZnWO<sub>4</sub> and Zn<sub>0.9</sub>Cu<sub>0.1</sub>WO<sub>4</sub> nanoparticles synthesized by microwave and sucrose mediated solgel method, *Journal of Molecular Structure*, 1253 (2022) 1320621]
- [21] P. Siritwong, T. Thongtem, A. Phuruangrat, S. Thongtem, Hydrothermal synthesis, characterization, and optical properties of wolframite ZnWO<sub>4</sub> nanorods, *CrystEngComm*, 13 (2011) 1564-1569.
- [22] C. Jaramillo-Páez, J. Navío, F. Puga, M. Hidalgo, Sol-gel synthesis of ZnWO<sub>4</sub>-(ZnO) composite materials. Characterization and photocatalytic properties, *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 404 (2021) 112962.
- [11] H. He, Z. Luo, C. Yu, Embellish zinc tungstate nanorods with silver chloride nanoparticles for enhanced photocatalytic, antibacterial and antifouling performance, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 613 (2021) 126099.
- [12] F. Qian, B. Zhao, M. Guo, Z. Wu, W. Zhou, Z. Liu, Surface trace doping of Na enhancing structure stability and adsorption properties of Li<sub>1.6</sub>Mn<sub>1.6</sub>O<sub>4</sub> for Li<sup>+</sup> recovery, *Separation and Purification Technology*, 256 (2021) 117583.
- [13] W. Sun, W. Ji, M. Ju, Y. Xiao, Y. Jin, C. Zhang, Investigation of the structures and electronic properties for Ce<sup>3+</sup> doped yttrium orthoaluminate: A first-principle study, *Computational Materials Science*, 246 (2025) 113443.
- [14] S. Ghosh, A. Sibi, G.S. Priyanga, Z.C. Dagdia, T. Thomas, Temperature-dependent performance prediction for cerium oxynitride solid-state symmetric supercapacitor using machine learning, *Journal of Energy Storage*, 113 (2025) 115562.
- [15] Chen, S.-h. Luo, X. Li, Z. Wang, S. Yan, J Mechanical, low temperature degradation and biocompatibility of Ce-doped dental 3Y-TZP ceramics, *Ceramics International* (2025)
- [16] C.J. Santos, D.C. Ferreira Soares, C.d.A. Ferreira, A.L.B. de Barros, A.d. Silva Cunha Junior, F.M. Filho, Antiangiogenic evaluation of ZnWO<sub>4</sub> nanoparticles synthesised through microwave-assisted hydrothermal method, *Journal of drug targeting*, 26 (2018) 806-817.
- [17] V.N. Kendre, S.-F. Wang, Modification of Zinc Tungstate with Functionalized Carbon Nanofibers for Electrochemical Detection of 3-Nitro-L-Tyrosine in Tap Water and Bovine Serum Albumin, *Journal of The Electrochemical Society*, 171 (2024) 057506.



## Synthesis and Investigation of Structural and Antimicrobial Properties of Cerium-Doped Zinc Tungstate ( $ZnWO_4:Ce$ ) Nanostructures

Sadegh Azadmehr<sup>1</sup>, Rezvan Sadeghi Haghighi<sup>2</sup>, Sanaz Alamdari<sup>3</sup>, Majid Jafar Tafreshi<sup>1</sup>, Mahmoud Ahmadi Hamadani<sup>4</sup>, Hamid Estaji<sup>5</sup>; Aida Haji Taheri<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Physics, Semnan University, Semnan, Iran

<sup>2</sup>Department of Biotechnology, Faculty of Science and New Technologies, Semnan University, Semnan, Iran

<sup>3</sup>Faculty of Nanoscience, Campus of Science and New Technologies, Semnan University, Semnan, Iran

<sup>4</sup>Department of Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Semnan University, Semnan, Iran

<sup>5</sup>Department of Pathobiology, Faculty of Veterinary Medicine, Semnan University, Semnan, Iran

### Abstract

In this study, zinc tungstate ( $ZnWO_4$ ) nanopowders were synthesized via a chemical method, and the effect of cerium (Ce) doping on their structural and antimicrobial properties was investigated.  $ZnWO_4$  is a well-known semiconductor material with high thermal stability, chemical resistance, and ultraviolet absorption capability, making it suitable for applications in biomedicine, water purification, and photocatalysis. Structural analyses revealed that the incorporation of cerium into the  $ZnWO_4$  lattice improved the crystallinity and enhanced the structural integrity of the host material. Furthermore, the antimicrobial performance of the synthesized nanomaterials was evaluated against both Gram-positive (*Staphylococcus aureus*) and Gram-negative (*Escherichia coli*) bacteria. The results demonstrated significant antibacterial activity in both pure and Ce-doped  $ZnWO_4$  samples, with the Ce-doped samples exhibiting superior performance. This enhancement was attributed to increased generation of reactive oxygen species (ROS), which lead to bacterial cell wall disruption. Overall, the findings suggest that cerium-doped  $ZnWO_4$  nanomaterials possess great potential for use in medical, hygienic, and antimicrobial applications, including disinfectants and antimicrobial coatings.

**Keywords:** Zinc tungstate, Doping, Antimicrobial properties, Structural properties