بیست و ششمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و دوازدهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه خوارزمی،
تهران، ایران.
۱۵-۱۶ بهمن ۱۳۹۸

بررسی تاثیر غلظت بر ویژگی‌های اپتیک خطی و غیرخطی محلول‌های حاوی رنگ اسید فیوشن

محمد برزن[۱]، نوشین السادات حسینی تهرانی[۲،*]، عطااله کوهیان محمدآبادی[۲]
[۱]پژوهشکده فوتونیک و فناوری‌های کوانتومی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای
[۲]دانشکده فیزیک، دانشگاه تهران
hosseini96@ut.ac.ir*

چکیده – در این مقاله به بررسی تاثیر غلظت بر ویژگی‌های اپتیک خطی و غیرخطی محلول‌های حاوی رنگ اسید فیوشن می‌پردازیم. نمونه‌ها در سه غلظت (۰/۲– ۰/۱– ۰/۰۵ میلی مولار) تهیه شده‌اند. طیف لومینسانس نمونه‌ها با استفاده از لیزر دیودی با طول‌موج ۵۳۲ نانومتر به‌عنوان چشمه‌ی تحریک، اندازه‌گیری شد. نتایج نشان می‌دهند افزایش غلظت، افزایش ضریب جذب و شدت لومینسانس را به‌همراه دارد، همواره برای تمامی غلظت‌ها طول‌موج بیشینه جذب ثابت است اما در نمودارهای لومینسانس همراه با افزایش غلظت برای طول‌موج بیشینه، جابجایی به سمت قرمز (Red shift) روی می‌دهد. همچنین نمونه ها در تمامی غلظت‌ها رفتار غیرخطی گرمایی از خود بروز می‌دهند. ضرایب جذب و شکست غیرخطی با علامت منفی به‌دست آمدند که به‌ترتیب ناشی از پدیده‌ی جذب اشباعی و اثر خود واکانونی می‌باشد.

کلید واژه- اسید فوشین(Fuchsin acid)، رنگ(Dye)، لومینسانس، روبش- Z، اپتیک غیرخطی.

Investigation the effect of concentration on the linear and nonlinear optical properties of acid fusion **dye** solutions

Mohammad Barzan[1], Nooshin. S. Hosseini[2,*], Ataallah Koohian[2].

[1]Department of Photonics and Quantum Technologies, Institute of Nuclear Science and Technology, Tehran, Iran.
[2]Physics department, university of Tehran, Tehran, Iran.

Abstract- In this paper, we investigate the effect of concentration on the linear and nonlinear optical properties of solutions containing fusion acid dyes. Samples were prepared in three concentrations (0.2-0.1-0.05 mM). The luminescence spectrum of the samples was measured by a diode laser at a wavelength of 532 nm as excitation source. The results show that the increase in concentration, **lead to** increase in absorption coefficient and intensity of luminescence, absorption **peak wavelength** is constant for all concentrations, but with increasing concentration for the luminescence **peak wavelength** the red shift occurs. Samples also show nonlinear thermal behavior at all concentrations. The nonlinear refractive index and absorption coefficient**s** of samples have negative sign due to the saturable absorption and self-defocusing effects, respectively.

Keywords: Fuchsin acid, dye, luminescence, Z-scan technique.

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

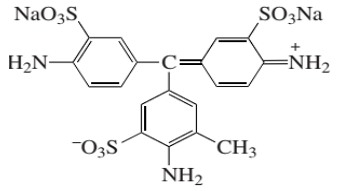
[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-04]

۱- مقدمه

اسید فیوشن نوعی رنگ سمی، قرمز رنگ، محلول در آب و از خانواده تری فنیل متان با فرمول شیمیایی $C_{20}H_{17}N_3O_9S_3Na_2$ و جرم مولی ۵۸۵/۵۳۸ g/mol می‌باشد. از نام‌های دیگر این رنگ می‌توان به روبین-اس و اسید وایولت۱۹ اشاره کرد[۱]. رنگ‌های تری فنیل متان از مهم‌ترین رنگ‌های صنعتی هستند که جزء اولین رنگ‌های سنتز و توسعه یافته به شمار می‌آیند و هنوز هم کاربردهای فراوانی دارند. این رنگ‌ها به‌خاطر شدت بالای رنگ‌دهی و درخشندگی قرمز، سبز و آبی و پایداری کم آن‌ها بر روی اکثر زیرلایه‌ها مورد توجه قرار گرفته‌اند[۲].

رنگ‌های تری فنیل متان (TPM) با توسعه‌ی لیزرهای دارای تپ فوق کوتاه از پیکوثانیه به فمتوثانیه، بارها مورد بررسی قرار گرفتند[۳]. زیرا زمان آرام شدن رنگ‌های TPM متناسب با پهنای تپ لیزر و با تغییر گرانروی محلول، به راحتی قابل تنظیم است. طول عمر فلورسانس(τ_f) رنگ‌های TPM به شدت با گرانروی محلول متناسب است و از چند پیکوثانیه تا ۴ نانوثانیه می‌تواند تغییر کند[۴]. حساسیت شدید (τ_f) به گرانروی دلیل اصلی کاربرد رنگ‌های TPM به عنوان پویش‌گرهای مولکولی برای بررسی گرانروی در مواد چگال است. همچنین، طول‌موج‌های نوسان لیزرهای تپی فوق‌کوتاه موجود با بیشینه‌ی جذب رنگ‌های TPM مطابقت دارد[۵]. در سال ۲۰۰۷ گروه وینیتا از دانشگاه آنا هند، رفتار اپتیک غیرخطی اسید فیوشن با غلظت ثابت را در فازهای جامد و مایع، تحت تاثیر بوتانول و پلی‌متیل‌متاکریلات بررسی کردند[۶]. در حالی که تاثیر غلظت رنگ مذکور بر مشخصات خطی و غیر خطی مورد بررسی قرار نگرفته است که این مقاله سعی دارد به این مهم بپردازد.

ساختار شیمیایی اسید فیوشن در شکل ۱ نمایش داده شده است.



شکل ۱: ساختار شیمیایی اسید فیوشن[۷].

۲- مواد و روش‌ها

نمونه‌های محلول رنگ از ترکیب پودرهای رنگ و آب دوبار یونیزه در غلظت‌های مختلف تهیه شده اند. غلظت نمونه‌ها به‌ترتیب ۰/۲(A) و ۰/۱(B) و ۰/۰۵(C) میلی‌مولار می‌باشد.

بیناب جذب نمونه‌ها با بیناب‌نگاری جذبی مرئی-فرابنفش دستگاه اسپکترومتر AvaSpec-ULS2048L مورد بررسی قرار گرفت. همچنین بیناب لومینسانس نمونه‌ها به کمک لیزر دیودی در طول‌موج ۵۳۲ نانومتر بررسی شد. ضرایب جذب و شکست غیرخطی به کمک روش شناخته شده روبش-Z و با استفاده از لیزر دیودی دارای توان خروجی ۷۰ میلی‌وات و طول‌موج ۵۳۲ نانومتر، عدسی با فاصله کانونی ۱۰ سانتی‌متر و روزنه به قطر ۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شده است.

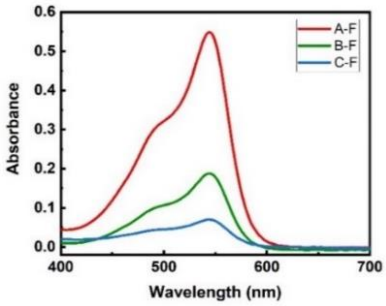
۳- نتایج و بحث

۳-۱- ویژگی‌های خطی

نتایج بیناب‌نگاری جذبی مرئی-فرابنفش نشان می‌دهد که با افزایش غلظت، اگرچه طول‌موج بیشینه و پهنای نوار جذب ثابت می‌ماند اما، میزان جذب متناسب با غلظت افزایش می‌یابد. منحنی‌های مربوط به بیناب جذب محلول‌های رنگ و نیز نتایج مربوط به آن در شکل ۲ و جدول ۱ نمایش داده شده‌اند.

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-04]

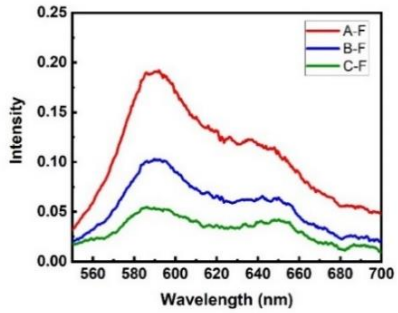


شکل ۲: بیناب جذب نمونه‌های رنگ اسید فیوشن در غلظت‌های مختلف.

جدول.۱: نتایج مربوط به نمودارهای جذب مرئی-فرابنفش.

نمونه	C-F	B-F	A-F
α (cm^{-1})	۰/۰۷۲	۰/۱۸۱	۰/۴۸۰
A_{max}	۰/۰۸۰	۰/۲۰۲	۰/۵۴۹
λ_0(nm)	۵۴۴	۵۴۴	۵۴۴
$\Delta\lambda$(nm)	۶۱	۶۱	۶۱

نتایج مربوط به بیناب لومینسانس (شکل۳ و جدول ۲) نشان می‌دهد، اگرچه با افزایش غلظت رنگ‌ها پهنای نوار گسیل ثابت می‌ماند، اما، شدت لومینسانس افزایش می‌یابد. همچنین، با افزایش غلظت، جابجایی به سمت قرمز (Red shift) برای طول‌موج قله لومینسانس اتفاق می‌افتد.



شکل۳: بیناب لومینسانس نمونه‌های رنگ اسید فیوشن در غلظت‌های مختلف.

هنگامی که ماده فوتون را جذب می‌کند، وارد حالت برانگیخته شده و پس از آن، انرژی خود را از دست می‌دهد. با توجه به اینکه فوتون گسیل شده نسبت به فوتون جذب شده انرژی کمتری دارد، به این اختلاف انرژی، یا به عبارتی، تفاوت بین طول‌موج‌های بیشینه‌ی بیناب‌های جذب و گسیل، جابجایی استوکس می‌گویند.

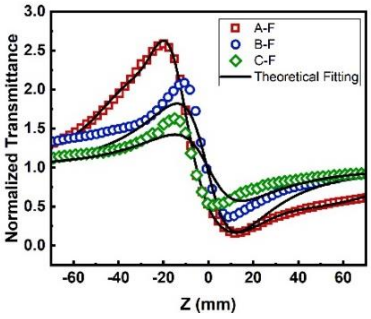
جدول ۲: نتایج مربوط به نمودارهای بیناب لومینسانس.

نمونه	A-F	B-F	C-F
I_{max}	۰/۱۹۲	۰/۱۰۳	۰/۰۵۵
λ_0(nm)	۵۹۲	۵۸۹	۵۸۶
$\Delta\lambda$(nm)	۹۸	۹۸	۹۸
Stokes shift (nm)	۴۸	۴۵	۴۲

همان‌طور که در جدول ۲ نیز مشاهده می‌شود، با افزایش غلظت، جابجایی استوکس افزایش می‌یابد. ازآنجایی که رنگ در غلظت‌های پایین به صورت مونومر می‌باشد، بنابراین، اندرکنش رنگ-رنگ قابل چشم‌پوشی است و درنتیجه، افزایش شدت لومینسانس با افزایش غلظت را شاهد هستیم. همچنین، جابجایی قرمز در طول‌موج قله لومینسانس با افزایش غلظت، ناشی از جذب مجدد و گسیل مجدد حاصل از هم‌پوشانی لبه طول‌موج بلند بیناب جذب و طول‌موج کوتاه بیناب گسیل می‌باشد.

۳-۲- ویژگی‌های غیرخطی

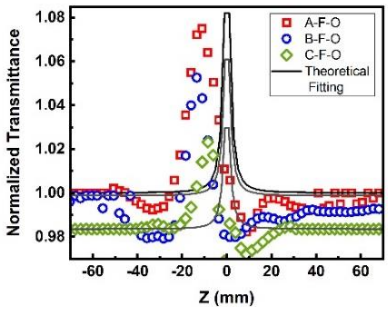
نمودارهای حاصل از آزمایش روبش-Z در شکل‌های ۴ و ۵ نشان داده شده‌اند که نتایج حاصل از آن‌ها در جدول ۳ قابل مشاهده است. اثرات اپتیک غیرخطی ظاهر شده از نوع غیرخطیت گرمایی هستند، دلیل ایجاد خواص اپتیکی غیرخطی گرمایی این است که کسری از توان لیزر فرودی به هنگام عبور از ماده، جذب شده و دمای ماده را افزایش می‌دهد که این خود به تغییر ضریب شکست می‌انجامد[۸].



شکل ۴: منحنی روبش-Z روزنه بسته برای محلول‌های رنگ اسید فیوشن.

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-04]



شکل ۵: منحنی روبش-Z روزنه باز برای محلول‌های رنگ اسید فیوشن.

جدول ۳: نتایج مربوط به نمودارهای آزمایش روبش-Z.

نمونه	A-F	B-F	C-F
ضریب شکست غیرخطی n_2 (cm²/W) × ۱۰⁻⁹	-۵/۱۳	-۲/۵۰	-۱/۵۴
تغییر فاز غیرخطی $\lvert\Delta\varphi_0\rvert$	۷/۷۲	۴/۳۸	۲/۸۳
ضریب جذب غیرخطی β (cm/W) × ۱۰⁻⁴	-۵/۶۸	-۴/۰۴	-۱/۷۱

برای محلول‌های اسید فیوشن در تمامی غلظت‌ها ضریب شکست غیرخطی گرمایی، به‌دلیل اثر خود واکانونی، منفی و از مرتبه‌ی $۱۰^{-۹}$ می‌باشد. همچنین ضریب جذب غیرخطی برای تمامی نمونه‌ها، به‌دلیل پدیده‌ی جذب اشباعی، منفی و از مرتبه‌ی $۱۰^{-۴}$ می‌باشند. همچنین بخاطر اثر غیر موضعی پرتوی فرودی، منحنی تئوری و تجربی در شکل۵ اندکی اختلاف دارد. با افزایش غلظت ضرایب جذب و شکست و تغییر فاز غیرخطی نمونه‌ها افزایش می‌یابد. می‌دانیم که ضریب جذب کلی برابر با $\alpha(I) = \alpha + \beta I$ است و بنابراین بدلیل منفی بودن ضریب جذب غیرخطی، با افزایش غلظت ضریب جذب کل کاهش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

در این مقاله، به بررسی تاثیر غلظت بر ویژگی‌های اپتیک خطی و غیرخطی محلول‌های حاوی رنگ اسید فیوشن پرداختیم. نتایج نشان می‌دهند افزایش غلظت، افزایش ضریب جذب و شدت لومینسانس را به‌همراه دارد، در نمودارهای بیناب جذب، همواره برای تمامی غلظت‌ها طول-موج بیشینه جذب ثابت است اما در نمودارهای لومینسانس همراه با افزایش غلظت برای طول‌موج بیشینه، جابجایی به سمت قرمز (Red shift) روی می‌دهد. پهنای نوارهای جذب و لومینسانس برای همه‌ی نمونه‌ها ثابت است. نمونه ها در تمامی غلظت‌ها رفتار غیرخطی گرمایی از خود بروز می-دهند که ضریب شکست غیرخطی آن‌ها به‌دلیل اثر خود واکانونی منفی و ضریب جذب غیرخطی آن‌ها نیز به‌دلیل پدیده‌ی جذب اشباعی منفی می‌باشد. با افزایش غلظت ضرایب جذب و شکست و تغییر فاز غیرخطی نمونه‌ها افزایش می‌یابد.

مرجع‌ها

[1] R. W. Sabnis, *Handbook of acid-base indicators*: CRC Press, 2007.
[2] D. F. Duxbury, "The photochemistry and photophysics of triphenylmethane dyes in solid and liquid media," *Chemical reviews*, vol. 93, no. 1, pp. 381-433, 1993.
[3] G. Busch, and P. Rentzepis, "Picosecond chemistry," *Science*, vol. 194, no. 4262, pp. 276-283, 1976.
[4] D. Ben-Amotz, R. Jeanloz, and C. Harris, "Torsional dynamics of molecules on barrierless potentials in liquids. III. Pressure dependent picosecond studies of triphenyl-methane dye solutions in a diamond anvil cell," *The Journal of chemical physics*, vol. 86, no. 11, pp. 6119-6127, 1987.
[5] M. Ishikawa, J. Y. Ye, Y. Maruyama, and H. Nakatsuka, "Triphenylmethane dyes revealing heterogeneity of their nanoenvironment: Femtosecond, picosecond, and single-molecule studies," *The Journal of Physical Chemistry A*, vol. 103, no. 22, pp. 4319-4331, 1999.
[6] G. Vinitha, and A. Ramalingam, "Nonlinear studies of Acid Fuchsin dye in liquid and solid media," *Spectrochimica acta part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, vol. 69, no. 4, pp. 1160-1164, 2008.
[7] G. Vinitha, and A. Ramalingam, "Single-beam Z-scan measurement of the third-order optical nonlinearities of triarylmethane dyes," *Laser physics*, vol. 18, no. 10, pp. 1176-1182, 2008.
[8] R. W. Boyd, *Nonlinear optics*: Elsevier, 2003.

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-04]