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 اثرقطبیت محیط روی ویژگی های اپتیکی خطی و غیرخطی مرتبه سوم رنگینه Azure B

مهسا خادم صدیق

مهندسی اپتیک و لیزر، دانشگاه بناب، بناب، ایران

mahsa.sadigh@yahoo.com

چکیده - در این کار تجربی، ویژگی های اپتیک خطی و غیرخطی رنگینه Azure B در محیط های حلالی با قطبیت متفاوت بررسی گردید. به همین منظور روشهای اسپکتروسکوپی و جاروب Z برای بررسی ویژگی های اپتیک خطی و غیرخطی رنگینه مورد نظر استفاده شد. مطابق نتایج بدست آمده، رنگینه Azure B ، با افزایش قطبیت محیط رفتار سولواتوکرومیسم مثبت از خود نشان می دهد. بعلاوه دوقطبیدگی/قطبش پذیری و توانایی حلال در گیرندگی پیوند هیدروژنی نقش مهمی در رفتار جذب اشباع رنگینه مورد نظر بازی می کنند. از اینرو قطبیت محیط به عنوان یک فاکتور مهم می تواند برای کنترل رفتار اپتیکی رنگینه Azure B استفاده شود.

کلید واژه- اسپکتروسکوپی، روش جاروب Z ، سولواتوکرومیسم ، قطبیت حلال.

Investigation of media polarity effects on the linear and third order nonlinear optical properties of Azure B

Mahsa Khadem Sadigh

Department of Laser and Optical Engineering, University of Bonab, Bonab, Iran

mahsa.sadigh@yahoo.com

Abstract- In this paper, linear and third order nonlinear optical properties of Azure B were investigated in solvent media with different polarity. For this reason, spectroscopic and Z-scan techniques were used for investigation of optical properties of Azure B. According to the experimental results, Azure B dye tends to indicate positive solvatochromism behavior by increasing solvent polarity characteristics. Furthermore, solvent dipolarity/polarizability and solvent hydrogen bond acceptor abilities have significant roles on the saturable absorption properties of selected thiazine dye. Hence, media polarity as an important factor can be used for controlling the optical properties of Azure B.

Keywords: Solvatochromism, Solvent polarity, Spectroscopy, Z-scan.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-07]

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

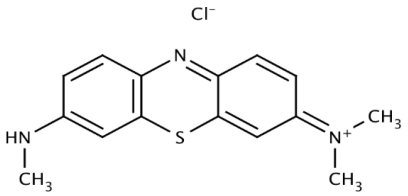
مقدمه

علم اپتیک به عنوان شاخه ای از فیزیک به بررسی اندرکنش نور با ماده می پردازد. وابسته به شدت نور اعمالی این اندرکنش ها می توانند در چهارچوب اپتیک خطی و غیرخطی جای گیرند. با اختراع لیزر توسط میمان و دسترسی به لیزرهایی با شدت های بالا، به دلیل پاسخ غیرخطی ماده به دامنه میدان فرودی، اولین آزمایش تجربی توسط فرانکن، هنگام اندرکنش پرتو لیزری با کریستال کوارتز و تولید هماهنگ دوم صورت گرفت [۱] . پس از آن تاکنون پدیده های اپتیک غیرخطی متفاوتی به دلیل اهمیت آنها در زمینه های مختلف علمی مورد بررسی و آزمایش قرار گرفته اند. مطالعات نشان می دهد، مواد آلی به دلیل پاسخ نوری غیرخطی بزرگ ، آستانه تخریب لیزری بالا و پایداری بالا به دلیل کاربرد گسترده در ادوات اپتیکی می توانند بعنوان یک انتخاب مناسب برای مطالعه پدیده های نوری غیرخطی در نظر گرفته شوند. موضوع قابل تأمل محیطی است که مواد آلی در آن قرار می گیرند. برای بررسی ویژگی های نوری ، مواد آلی معمولاً آنها را در محیط های جامد مثل سیستم های پلیمری و یا در محیط های مایع مانند محیط های حلالی قرار می دهند. بنابراین وابسته به ساختار ماده مورد مطالعه، ممکن است اثرات متفاوتی روی ویژگی های نوری مواد مورد مطالعه مشاهده شود. با توجه به اینکه معمولاً فرایندهای مختلف فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی در حالت محلول صورت می گیرند، بنابراین قطبیت محیط حلالی می تواند نقش مهمی در رفتار نوری مواد ایفا کند[۳-۲] . هدف از این کار تجربی بررسی اثر قطبیت محیط روی ویژگی های نوری رنگینه Azure B می باشد. به همین منظور از روشهای اسپکتروسکوپی و جاروب Z به ترتیب برای بررسی ویژگی های نوری خطی و غیرخطی مرتبه سوم رنگینه مورد نظر استفاده می شود.

مواد و روش ها

در این کار تجربی رنگینه ای از خانواده تیازین ها خریداری شده از شرکت Merck تحت عنوان Azure B با ساختار شیمیایی نشان داده شده در شکل ۱ مورد ارزیابی قرار می گیرد. به همین منظور نمونه مورد نظر با غلظت 10^{-4} مولار در حلال های دی متیل سولفوکسید، دی متیل فرمامید و بوتانول (Merck) با پارامترهای قطبیت متفاوت (جدول ۱) تهیه می شود. به همین منظور دستگاه طیف سنج جذبی (Shimadzu UV-2450 Scan Spectrophotometer) برای بررسی اثر قطبیت حلال روی ویژگی های نور خطی رنگینه Azure B استفاده می شود.

علاوه بر ویژگی های جذب خطی، روش جاروب Z روزنه باز مطابق با شکل۲ برای اندازه گیری ضرایب جذب غیرخطی استفاده می شود.



شکل ۱: ساختار شیمیایی رنگینه Azure B

جدول۱: ویژگی های حلال های مورد استفاده

Solvent	ε_r	n	α	β'	π^*
DMSO	46.68	1.479	0.00	0.76	1.00
DMF	38.00	1.43	0.00	0.69	0.88
1-Butanol	17.5	1.399	0.84	0.84	0.47

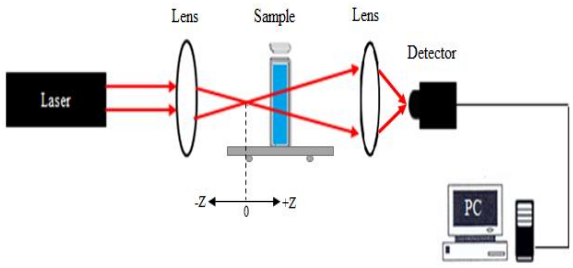
مطابق چیدمان تجربی نشان داده شده در شکل ۲ ، یک لیزر دیود پیوسته با پروفایل تقریبا گاوسی (اندازه گیری شده با استفاده از روش جاروب لبه) با طول موج ۶۵۵ نانومتر به عنوان منبع نوری تحریکی مورد استفاده قرار می گیرد. در این حالت پرتو لیزر فرودی توسط یک عدسی با فاصله کانونی ۱۰ سانتی متر بر روی محلول های تهیه شده با قطبیت متفاوت کانونی می گردد. سپس

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-07]

شدت نور عبوری از نمونه های مورد نظر با تغییر مکان نمونه (در امتداد محور Z) نسبت به صفحه کانونی عدسی در میدان دور به وسیله آشکارساز اندازه گیری می شود. به این ترتیب در هر مکانی شدت نور عبوری بر حسب تابعی از مکان اندازه گیری شده و ضرایب جذب غیرخطی مرتبه سوم محاسبه می گردد. همچنین پارامترهای لازم برای اندازه گیری ضرایب غیرخطی مانند شدت پرتو لیزر و شعاع کمرباریکه در کانون به ترتیب۳/۴۹ کیلو وات بر سانتی متر مربع و ۱۸ میکرومتر می باشند. قابل ذکر است که قطعات اپتیکی مورد استفاده از شرکت Thorlab خریداری گردیده است.

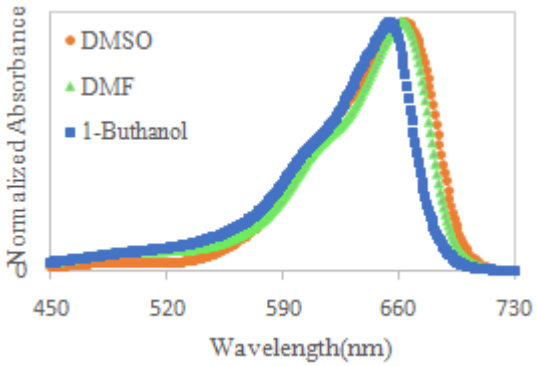
شکل ۲: چیدمان جاروب Z روزنه باز



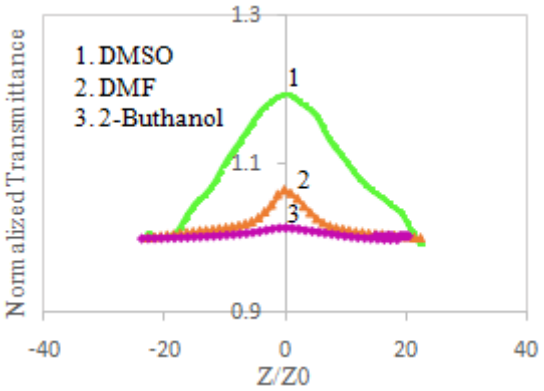
نتایج و بحث

در این قسمت به بررسی اثر قطبیت محیط بر روی ویژگی های نوری رنگینه Azure B می پردازیم. همانطوریکه در شکل ۳ نشان داده شده است با افزایش قطبیت محیط بیشینه طول موج های جذبی سمت طول موج های بلندتر جابجا می شوند. در حقیقت برهم کنش های متفاوت بین مولکول های رنگینه و حلال منجر به مشاهده پدیده سولواتوکرومیسم مثبت می شود. حال نمونه های تهیه شده تحت تابش تک پرتو لیزری قرار گرفته و منجر به تغییر دامنه پرتو نور فرودی می شوند. در این حالت می توان ضریب جذب کل در سیستم را مطابق رابطه (۱) بیان نمود. در این حالت α و α۰، β و I به ترتیب نشان دهنده ضریب جذب کل، ضریب جذب خطی، ضریب جذب غیرخطی مرتبه سوم و شدت پرتو فرودی می باشند.

$$\alpha = \alpha_0 + \beta I \qquad (۱)$$



شکل ۳: اثر قطبیت محیط بر روی طیف جذبی رنگینه Azure B



شکل ۴: منحنی های بدست آمده از روش جاروب Z

نتایج بدست آمده از روش جاروب Z نشان می دهند (شکل ۴) تحت تابش باریکه لیزری در محیط های مذکور، رنگینه مورد مطالعه پدیده جذب اشباع از خود نشان می دهد. در این حالت، قله های مشاهده شده در منحنی های عبور نشان می دهند که با افزایش شدت نور تابشی در نقطه کانون میزان جذب در نمونه کاهش یافته و منجر به فرایند جذب اشباع می گردد. هر چند مکانیسم جذب غیرخطی در هر سه محیط حلالی یکسان است ولی دارای مقادیر ضرایب جذب غیرخطی متفاوتی می باشند. مطابق بررسی های انجام یافته توسط شیخ بهایی و همکارانش [۴] ، ضریب جذب غیرخطی (β) از نتایج تجربی و روابط (۲) و (۳) حاصل می شود. مطابق نتایج بدست آمده،

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-07]

قطبیت محیط منجر به تغییرات قابل ملاحظه ای در ویژگی های غیرخطی مرتبه سوم رنگینه مورد بررسی می شود. این تفاوت ها از برهم کنش های متفاوت بین مولکولی حاصل می شود. این برهم کنش ها به دو نوع برهم کنش های ویژه و عمومی تقسیم می شوند. به منظور بررسی اثر این برهم کنش ها بر روی روی رفتار غیرخطی نمونه مورد مطالعه، ضرایب غیرخطی بدست آمده بر حسب پارامترهای قطبیت حلالی کاملت-تافت (جدول ۱) رسم می شوند. π^*، α و β (برای تفاوت با ضریب جذب غیرخطی در شکل با β' نشان داده شده است.) به ترتیب بیانگر ضریب دوقطبیدگی/ قطبش پذیری حلال ، معیاری از توانایی حلال در دهندگی پیوند هیدروژنی و معیاری از توانایی حلال در گیرندگی پیوند هیدروژنی می باشند [۵] . نتایج بدست آمده در جدول ۲ نشان داده شده است.

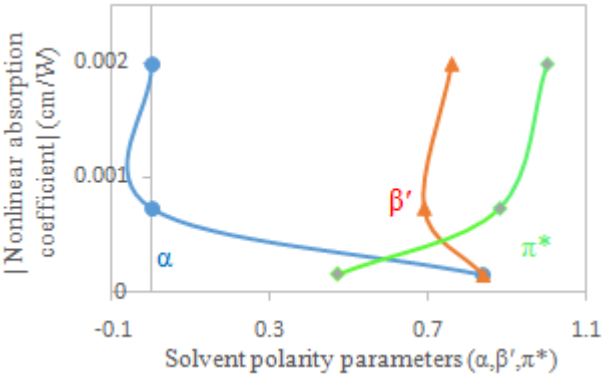
جدول۲: ضرایب جذب خطی و غیر خطی مرتبه سوم در حلال های مختلف

Solvent	α(1/cm)	β (cm/W)
DMSO	7.72	-1.98×10^{-3}
DMF	10.51	-7.31×10^{-4}
1-Buthanol	10.83	-1.49×10^{-4}

$$T(Z,S=1)=\sum_{0}^{\infty}\frac{[-q_0(Z)]^m}{(m+1)^{3/2}} \qquad (۲)$$

$$q_0(Z)=\frac{\beta I_0 L_{eff}}{(1+\frac{z^2}{z_0^2})} \qquad (۳)$$

همانطوریکه در شکل ۵ مشاهده می شود، در محیط های حلالی با گیرندگی قوی پیوند هیدروژنی و با پارامتر دوقطبیدگی/ قطبش پذیری بالا مقادیر ضریب جذب غیرخطی افزایش می یابد. در صورتیکه در که در محیط های حلالی با دهندگی بالای پیوند هیدروژنی مقادیر غیرخطی ماده کاهش می یابد. بنابراین اندرکنش های عمومی مانند دوقطبی-دوقطبی و برهم کنش های خاص از نوع پیوند هیدروژنی در رفتار غیرخطی رنگینه مورد مطالعه تأثیرگذار می باشند. بطوریکه رنگینه مورد مطالعه در حلال هایی با گیرندگی قوی پیوند هیدروژنی و دوقطبیدگی/ قطبش پذیری بالا، مقادیر ضریب جذب غیرخطی بالایی از خود نشان می دهد.



شکل ۵: اثر قطبیت محیط بر روی ویژگی های جذب غیرخطی

نتیجه گیری

مطابق نتایج بدست آمده قطبیت محیط تاثیر شگرفی بر روی ویژگی های اپتیکی خطی و غیرخطی رنگینه Azure B دارد. نتایج بدست آمده از نشان میدهد رنگینه مورد مطالعه با سولواتوکرومیسم مثبت تحت تابش تک پرتو لیزری، رنگینه مورد نظر ویژگی های جذب اشباع از خود نشان میدهد بطوریکه مقادیر جذب غیرخطی در در حلال هایی با گیرندگی قوی پیوند هیدروژنی و دوقطبیدگی/ قطبش پذیری بالا، بیشترین مقدار را دارد.

مرجع‌ها

[1] R. W. Boyd, Nonlinear optics, New York, Academic Press, 1992.

[2] M. Khadem Sadigh, M.S. Zakerhamidi, A.N. Shamkhali, E. Babaei, J. Photochem. Photobiol A, 348, 188-198, 2017.

[3] C. Reichardat, Solvents and Solvent Effects in Organic Chemistry, second ed.,VCH, New York, 1988.

[4] M. Sheik-Bahae, A. A. Said, T. H. Wei, D. J. Hagan and V. Stryland, IEEE J. Quant. Electron, 26, 760-769, 1990.

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-07]