

## بررسی خواص اپتیکی غیرخطی مشتقات کینوکسالین با استفاده از روش جاروب-Z

مرضیه، سلیمی اشگه سو<sup>۱</sup>؛ جعفری دولاما، اکبر<sup>۲</sup>؛ حمیده، مطیعی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>آزمایشگاه تحقیقاتی لیزر، گروه فیزیک، دانشگاه ارومیه

<sup>۲</sup>گروه فیزیک، دانشگاه ارومیه، کیلومتر ۱۱ جاده نازلو، صندوق پستی ۱۶۵

### چکیده

در این تحقیق یک ماده آلی شیمیایی از مشتقات کینوکسالین مورد مطالعه قرار گرفت. روش مورد استفاده در این بررسی، روش جاروب Z بود که در آن از یک لیزر دیود پمپ پیوسته کار با طول موج ۵۳۲ نانومتر در سه شدت  $44.6 \text{ kw/m}^2$  و  $60.1 \text{ kw/m}^2$  و  $77.4 \text{ kw/m}^2$  استفاده شد. خواص غیرخطی شامل ضریب شکست غیرخطی  $n_2$  و ضریب جذب غیرخطی  $\beta$  با استفاده از داده های به دست آمده محاسبه شدند که نتایج حاصله نشان داد با افزایش شدت ورودی آستانه جذب دو فوتونی و ضریب شکست غیرخطی افزایش می یابند.

## Nonlinear optical properties investigation of Quinoxaline derivatives by using Z-scan technique

Salimi Ashqesou, Marzieh<sup>1</sup>; Jafari, Akbar<sup>2</sup>; Motiei, Hamideh<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laser Research Laboratory, Department of physics, University of Urmia

<sup>2</sup>Department of Physics, University of Urmia, 11 km nazlou road, P.B.165

### Abstract

In this study, a chemical material of Quinoxaline derivatives was studied. The method that used in this investigation was z-scan technique that was used a continuous wave diode pump laser at 532nm wavelength in 3 intensities  $44.6 \text{ kw/m}^2$ ,  $60.1 \text{ kw/m}^2$  and  $77.4 \text{ kw/m}^2$ . Nonlinear properties including refractive index ( $n_2$ ) and absorption coefficient were calculated by using obtained data that the results showed, with increasing input intensity, threshold of two-photon absorption coefficient and nonlinear refractive index increase.

PACS No. 32

ضرایب غیرخطی مرتبه سوم یک ماده آلی با استفاده از تکنیک جاروب-Z است.

### آزمایش

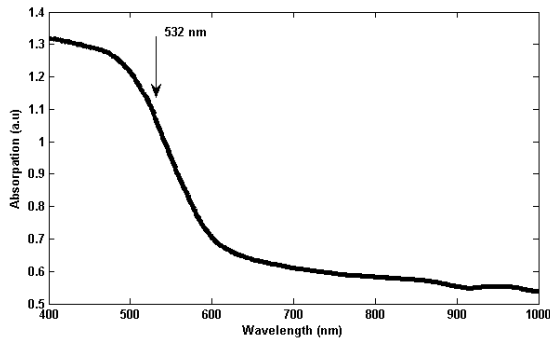
مواد: یک ماده آلی از مشتقات کینوکسالین برای این بررسی انتخاب شد. مشتقات کینوکسالین ترکیبات نیتروژن دار بسیار مهمی هستند که دارای یک گستره ی متنوع از خواص بیولوژیکی می باشند [۳] و همچنین به عنوان مهار کننده ضد ویروس [۴] و ضد باکتری [۵]، دارای کاربردهای بسیارند. روشهای مختلفی برای سنتز این ترکیبات وجود دارند، برای سنتز ماده انتخاب شده، ابتدا این ماده

### مقدمه

مواد آلی به دلیل وجود ترکیبات کربن دار و به خاطر قدرت منحصربفرد این عنصر در تشکیل پیوند با اتم های دیگر و ایجاد حلقه ها و زنجیرهای طولانی دارای تنوع زیادی هستند [۱]. در این مواد با وجود الکترونهای  $\pi$ -غیرجایگشتی اثرات غیرخطی نمایان می شود نور با ورود به این مواد و واکنش با این الکترونها پاسخ-های غیرخطی سریع و بزرگی دریافت می کند که این اثرات کاربردهای فراوانی در زمینه های مختلف علمی از جمله فتونیک و دستگاههای اپتیکی دارد [۲]. هدف بررسی پاسخ نوری خطی و

## نتایج و داده‌ها

از ماده مربوطه بوسیله دستگاه طیف سنجی UV-VIS گرفته شده است که در شکل (۲)، نشان داده شده است.



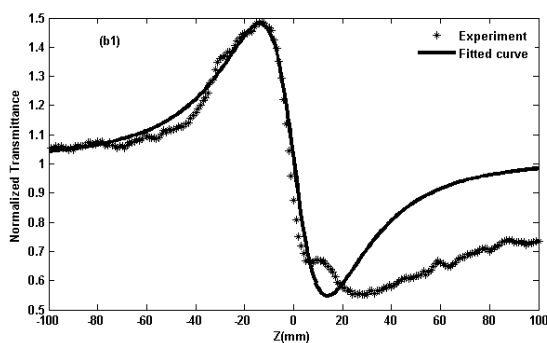
شکل ۲: طیف جذبی ترکیب ۲ و ۳-دی کلرو کینوکسالین

با توجه به شکل مشخص می‌شود که در محدوده ۴۰۰ - ۵۰۰ نانومتر طیف جذبی در حال کاهش بوده و در محدوده ۵۰۰ - ۶۰۰ نانومتر این افت شدید می‌باشد و سپس رفته رفته به طور تقریبی مقدار ثابتی به خود می‌گیرد. جذب خطی برای این ماده در طول موج ۵۳۲ نانومتر با توجه به شکل برابر ۱،۰۶۶ می‌باشد و با استفاده از رابطه زیر:

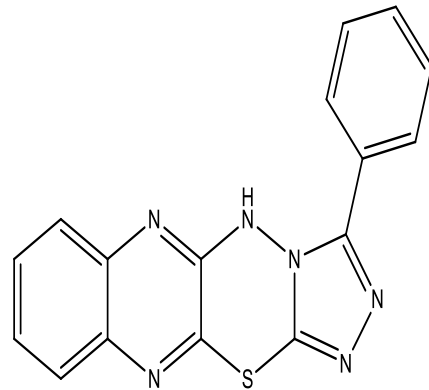
$$\alpha = -\frac{1}{L} \ln T$$

که در آن  $L = 1\text{cm}$  ضخامت سل مورد استفاده و  $T$  میزان عبور نور را نشان می‌دهد ضریب جذب خطی را می‌توان بدست آورد.

با استفاده از داده‌های بدست آمده توسط هر دو آشکارساز نمودارهای مربوط به ضریب شکست غیرخطی برای این ماده در ۳ شدت مختلف در شکل (۳) نشان داده شده اند:



تحت شرایط فاز جامد (بدون حلال) در دمای ۱۱۰-۱۲۰ درجه سانتی گراد به مدت نیم ساعت حرارت داده شد و سپس مخلوط واکنش در حلال DMF حل گردید و بوسیله افزایش آب عمل رسوب‌دهی محصول انجام گرفت و رسوب حاصل صاف و خشک شد و بدین ترتیب ترکیب ۲ و ۳-دی کلرو کینوکسالین که دی‌گرام آن در شکل (۱) نشان داده شده است، بدست آمد.



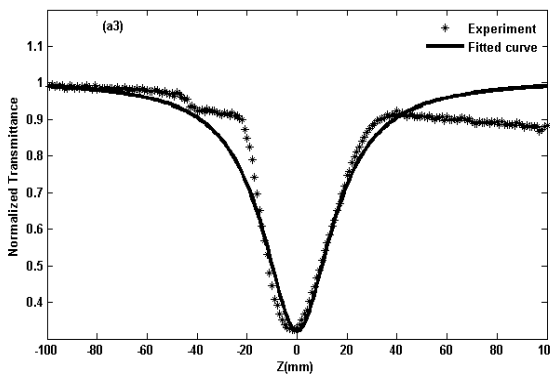
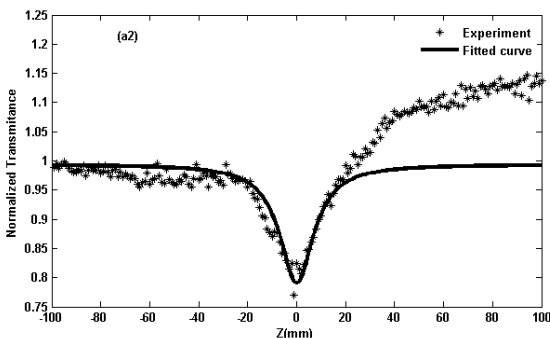
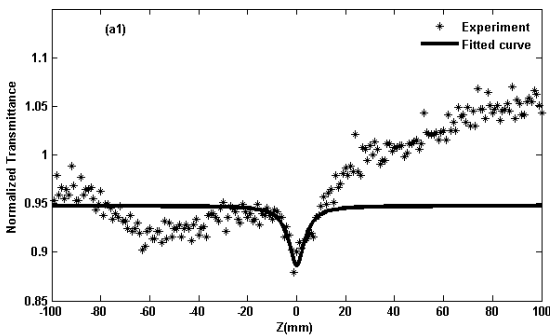
شکل ۱: دی‌گرام مولکولی ترکیب ۲ و ۳-دی کلرو کینوکسالین

تکنیک جاروب-Z: این روش یک سازوکار تک پرتوی حساس است که براساس اصول تغییرات فضایی باریکه لیزر استوار می‌باشد. لیزر مورد استفاده در این بررسی یک لیزر پیوسته کار Nd-YAG با طول موج ۵۳۲ نانومتر می‌باشد، باریکه لیزر با نیم‌رخ فضایی گاوسی و مد  $TEM_{00}$  و حرکت در جهت محور Z به یک عدسی با فاصله کانونی ۱۰ سانتی متر برخورد می‌کند (به منظور کانونی کردن پرتو لیزر) و نمونه در حال حرکت در راستای محور Z است باریکه وارد محیط غیرخطی می‌شود [۶] در این چیدمان ۲ آشکارساز تعبیه شده است آشکارساز اول شدت عبوری بدون حضور روزنه را اندازه‌گیری می‌کند و ضریب شکست غیرخطی  $n_2$  را می‌دهد آشکارساز دوم که پشت یک روزنه قرار گرفته است ضریب جذب غیرخطی  $\beta$  را ثبت می‌کند. با ثبت اطلاعات بدست آمده توسط هر دو آشکارساز ضریب جذب غیرخطی  $\beta$  و ضریب شکست غیرخطی  $n_2$  به همراه علامت آنها تعیین شدند [۶، ۱].

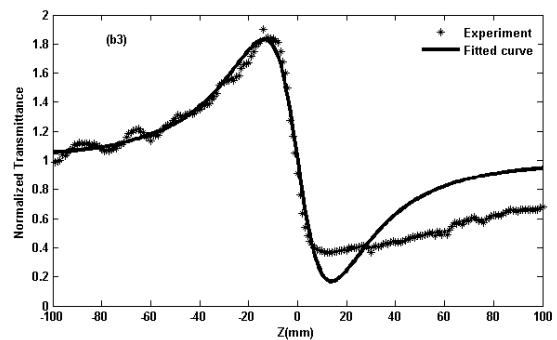
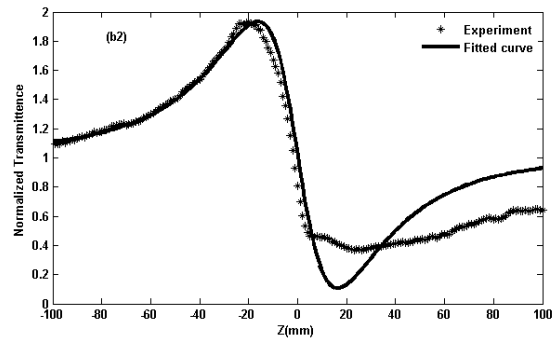
$S$  گذار خطی روزنه را نشان می‌دهد که در آن شعاع  $r_a$  روزنه و  $\omega_a$  شعاع پرتو روزنه است. حال برای بدست آوردن ضریب جذب  $\beta$  با توجه به نمودارهای بدست آمده و رابطه مربوط که به شکل:

$$\Delta T(Z) = 1 - \frac{\beta I_0 L_{eff}}{2\sqrt{2}(1+X^2)}$$

می‌باشد مقادیر مربوط به ضریب جذب را بدست می‌آوریم:



شکل ۴: منحنی های جاروب-  $Z$  روزنه باز مربوط به ماده در (a1) با شدت ورودی لیزر  $44.6 \text{ kw/m}^2$  و (a2) با شدت ورودی  $60.1 \text{ kw/m}^2$  و (a3) با شدت ورودی  $77.4 \text{ kw/m}^2$



شکل ۳: منحنی های جاروب-  $Z$  روزنه بسته مربوط به ماده در (b1) با شدت ورودی لیزر  $44.6 \text{ kw/m}^2$  و (b2) با شدت ورودی  $60.1 \text{ kw/m}^2$  و (b3) با شدت ورودی  $77.4 \text{ kw/m}^2$  برای تعیین ضریب شکست غیرخطی  $n_2$  با استفاده از روابط زیر داریم:

$$L_{eff} = \frac{1 - e^{-\alpha l}}{\alpha}$$

$$T = 1 - \frac{bX}{(1+X^2)(9+X^2)}$$

$$n_2 = \frac{\Delta T_{p-v}}{0.406(1-S)^{0.25} K I_0 L_{eff}}$$

که در آن  $L_{eff}$  ضخامت موثر نمونه است و  $L = 6.89 \text{ mm}$  می‌باشد و  $X = \frac{Z}{Z_0}$  در این روابط  $Z_0 = \frac{k\omega_0^2}{2}$  طول پراکنندگی رایلی و  $\omega_0 = 20.7 \text{ mm}$  پهنای پرتو در نقطه  $Z = 0$  یا نقطه کانون می‌باشد و  $\Delta T_{p-v}$  اختلاف گذردهی نرمالیزه شده عبوری و  $K = \frac{2\pi}{\lambda}$  بردار موج  $I_0$  شدت پرتو لیزر در کانون است و:

$$S = 1 - \exp\left(\frac{-2r_a^2}{\omega_a^2}\right)$$

[۸] H. Motiei, A. Jafari and R. Naderali, "Third-order nonlinear optical properties of organic azo dyes by using strength of nonlinearity parameter and Z-scan technique." *J. Optics & Laser Technology* 88 (2017) 68-74

نتایج حاصل برای این ماده به شکل مقادیر زیر بدست آمده‌اند:

جدول ۱: مقادیر ضریب شکست و ضریب جذب برای ترکیب ۲و۳-دی کلرو کینوکسالین در سه شدت متفاوت

$I_0 (kW/m^2)$	۴۴/۶	۶۰/۷	۷۵/۰
$n_2(\times 10^{-11} m^2/w)$	۱۴۵/۴۶	۱۷۷/۶۱	۳۷۸/۰۱
$\beta(\times 10^{-4} m/w)$	۰/۱	۱/۵۳	۴/۴۶

### نتیجه گیری

در این آزمایش خواص غیرخطی مرتبه سوم یک ماده که از مشتقات کینوکسالین بود با استفاده از تکنیک جاروب-Z مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نمودارهای بدست آمده برای ضریب شکست غیرخطی به ترتیب قله و سپس دره درمی‌یابیم که علامت ضریب شکست منفی است که نشان دهنده پدیده خود واکانونی می‌باشد. برای این ماده با افزایش شدت ورودی، ضریب شکست غیرخطی افزایش یافته و از مرتبه  $10^{-11} m^2/w$  می‌باشد. با بررسی نمودارهای مربوط به روزنه باز مشخص می‌شود که افزایش شدت، افزایش جذب غیرخطی را در پی داشته است. با توجه به اثرات غیرخطی که این ماده از خود نشان می‌دهد، میتوان از آن در زمینه‌های متعددی از جمله الکترونیک نوری، پزشکی، به عنوان ماده فعال در ابزارهای نوری و سایر زمینه‌ها استفاده کرد [۸].

### مرجع ها

- [۱] K.P.C.Vollhardt, N.E.Schore, "Organic chemistry", W.H. Freeman and company, publishers, (1998).
- [۲] M.D. Zidan, A.Arfan, "Nonlinear optical investigations of Quinine and Quinotoxine salts by z-scan technique", *opt & laser technology* (2017).
- [۳] C.W. Lindsley, Z. Zhao, W.H. Leister, R.G. Robinson, S.F. Barnett, D. Defeo-Jones, R.E. Jones, G.D. Hartman, J.R. Huff, H.E. Huber, M.E. Duggan, *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 15 (2005) 761.
- [۴] M. Loriga, S. Piras, P. Sanna, G. Paglietti, *Farmaco* 52 (1997) 157.
- [۵] L.E. Seitz, W.J. Suling, R.C. Reynolds, *J. Med. Chem.* 45 (2002) 5604
- [۶] M. Sheik-Bahae, A.A. Said, E.W. Van Stryland, "High-sensitivity, single-beam  $n_2$  measurements", *Opt. Lett.* 14 (1989) 955-957
- [۷] M. Sheik-Bahae and A. A. Said, Wei, Tai-Huei, et al, *IEEE J. Quantum Electron.* 26, (1990) 760-769