بررسی خواص اپتیک خطی و غیرخطی دو ماده آلی ارگانیک با استفاده از روش جاروب-Z

مرضیه سلیمی اشگه سو، آرزو صالح زاد، سمیرا مهری، ایوب طهماسبی، اکبر جعفری دولاما

گروه فیزیک دانشگاه ارومیه، کیلومتر ۱۱ جاده نازلو، صندوق پستی ۱۶۵

چکیده – در این کار تجربی به بررسی خواص اپتیک خطی و غیرخطی دو ماده آلی ارگانیک با استفاده از روش جاروب-Z پرداخته شده است. لیزر مورد استفاده در این بررسی یک لیزر دیود پمپ پیوسته کار با طول موج ۵۳۲ نانومتر و در شدت $۷۷,۴\ {}^{kw}/_{m^2}$ می‌باشد. ضریب شکست غیرخطی و ضریب جذب غیرخطی را برای هر دو ماده بدست آوردیم و با استفاده از نمودارهای روزنه بسته برای هر دو ماده مشاهده شد که ΔT_{p-v} گیاه براسیکا نسبت به گیاه زوفا دارای مقدار بیشتری می‌باشد همچنین جذب غیرخطی چشمگیری برای گیاه زوفا مشاهده نشد.

کلید واژه - اپتیک خطی، اپتیک غیرخطی، روش جاروب-Z، مواد آلی ارگانیک.

Linear and nonlinear optical properties investigation of two organic materials by using Z-scan technique

Marzieh Salimi Ashkeso, Arezoo Salehzad, Samira Mehri, Ayub Tahmasebi, Akbar jafaridolama

Atomic and Molecular Group, Department of Physics, Faculty of Science, Urmia University.

Abstract- In this experimental work the properties of linear and nonlinear optical of two organic materials were investigated by using the Z-scan technique. The laser used in this study is a continuous diode pump at 532nm wavelength and at 77.4 kw/m^2 intensity. The nonlinear refractive index and absorption coefficient were obtained for both materials and by using the closed aperture curves ΔT_{p-v} for Cruciferous plant is higher content than the *Hyssopus officinalis* L. Significant nonlinear absorption was not observed for the *Hyssopus officinalis* L.

Keywords: Linear optic, Nonlinear optic, Z-scan technique, Organic materials.

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-05]

۱- مقدمه

امروزه با توجه به تنوع مواد آلی و کاربرد آن‌ها در اپتیک، فتونیک، پزشکی و ... این مواد دارای اهمیت بالایی می‌باشند. از جمله ویژگی‌های این مواد می‌توان به انعطاف‌پذیری بالا، دسترسی آسان و کم هزینه بودن آن‌ها اشاره کرد [۱و۲]. وجود الکترون‌های π-غیرجایگشتی در این مواد باعث ایجاد پاسخ‌های غیرخطی بالایی می‌شود که کاربردهای بسیاری در صنعت دارند [۳]. اولین ماده مورد استفاده در این کار تجربی یک ماده آلی طبیعی از خانواده گیاهان براسیکا می‌باشد سبزیجات براسیکا متعلق به خانواده کلم بوده و شامل انواع مختلف آن می‌باشند. مصرف این گیاهان در کاهش خطر ابتلاء به بیماری‌های حاد مانند بیماری‌های قلبی عروقی و سرطان مؤثرند [۴-۶]. ماده دوم انتخاب شده برای این آزمایش گیاه زوفا با نام علمی *(Hyssopus officinalis* (.Lمی‌باشد که یک گیاه دارویی از تیره نعنایان است و از شاخه‌های خشک آن در درمان آسم و بعنوان ضد اسپاسم و ضدقارچ استفاده می‌شود [۷-۹] هم‌چنین اثرات ضدسرطانی این ماده نیز مشاهده شده است.

در این مقاله به بررسی خواص اپتیک خطی و غیرخطی این دو ماده با استفاده از روش جاروب-Z پرداخته شده است.

۲- آزمایش

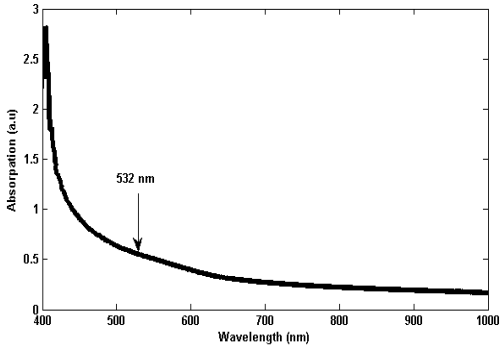
مواد: برای بدست آوردن محلول هر دو ماده ابتدا دو گرم از این مواد را با مقدار مناسبی از آب مقطر جوشانده و محلول حاصل صاف شده است. از ترکیبات حاصل طیف UV-Vis گرفته شده است که در شکل۱ مشاهده می‌شود.

تکنیک جاروب: این روش یک روش ساده و حساس برای اندازه‌گیری ضرایب غیرخطی مواد است. لیزر مورد استفاده در این یررسی یک لیزر پیوسته کار با طول موج ۵۳۲ نانومتر می‌باشد. پرتو لیزر در راستای محور Z منتشر می‌شود و با برخورد به یک عدسی با فاصله کانونی ۱۰ سانتی‌متر وارد محیط غیرخطی می‌شود. دو آشکارساز به منظور ثبت داده‌ها تعبیه شده است، به طوری که آشکارساز اول شدت عبوری بدون وجود روزنه را ثبت کرده و ضریب شکست غیرخطی n_2 را اندازه می‌گیرد که با رسم نمودارهای مربوط به ضریب شکست اگر ترتیب قله- دره داشته باشیم نشان دهنده ضریب شکست منفی و پدیده خود واکانونی می‌باشد و آشکارساز دوم با قرارگیری در پشت یک روزنه، ضریب جذب غیرخطی β را اندازه می‌گیرد [۱۰و۱۱].

۳- نتایج و داده‌ها

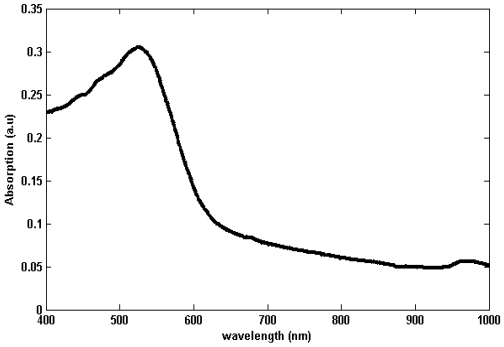
یکی از ویژگی‌های مواد آلی رنگزا، توانایی این مواد در جذب نور می‌باشد که این ویژگی به سطوح انرژی حالت‌های پایه و برانگیخته بستگی دارد. با انتقال الکترون بین ترازهای مختلف انرژی این جذب‌ها اتفاق می‌افتد.

جذبی خطی هر دو ماده بوسیله دستگاه طیف سنجی UV-Vis اندازه گیری شده و در شکل زیر آورده شده است:



شکل ۱: طیف جذب خطی سبزی براسیکا

شکل ۲: طیف جذب خطی گیاه زوفا



با بررسی نمودارهای جذب خطی برای هر دو نمونه مشاهده

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

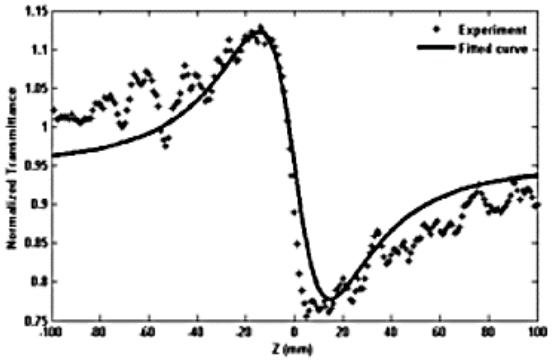
[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-05]

می‌شود که سبزی براسیکا و گیاه زوفا به ترتیب در طول موج-های ۵۴۲ و ۴۰۸ نانومتر دارای یک قله می‌باشند و سپس در هر دو نمونه یک افت به نسبت شدید اتفاق می‌افتد و در ادامه این روند کاهشی به مقدارهای نسبتاً ثابتی میل می‌کنند و با استفاده از رابطه زیر:

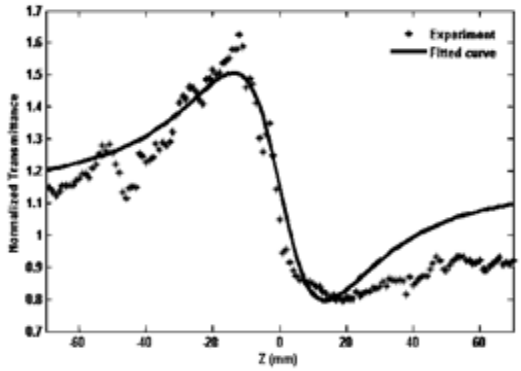
$$\alpha = -\frac{1}{L} lnT \qquad (۱)$$

که در آن $L = 1cm$ ضخامت سل آزمایشگاهی و T میزان عبور نور را نشان می‌دهد ضریب جذب خطی را می‌توان بدست آورد.

با استفاده از داده‌های هر دو آشکارساز نمودارهای *مربوط به ضریب شکست غیرخطی برای این دو ماده در* شدت $۷۷,۴kw/m^2$ در شکل‌های (۳،۴) نشان داده شده‌اند:



شکل۳: منحنی روزنه بسته جاروب-Z برای سبزی براسیکا



شکل ۴: منحنی روزنه بسته جاروب-Z برای گیاه زوفا

و بدین ترتیب برای محاسبه ضریب شکست غیرخطی از رابطه زیر استفاده می‌کنیم:

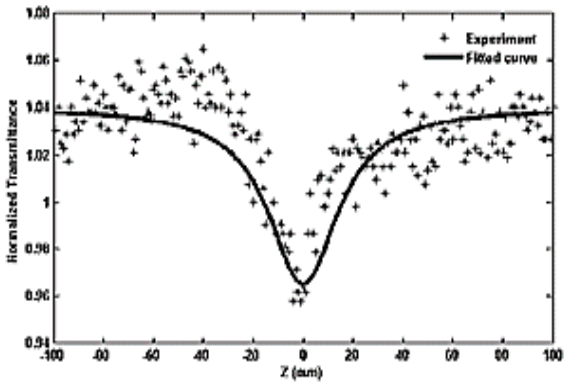
$$n_2 = \frac{\Delta T_{p-v}}{0.406(1-S)^{0.25} K I_0 L_{eff}} \qquad (۲)$$

که در آن $L_{eff} = \frac{1-e^{-\alpha L}}{\alpha}$ ضخامت موثر نمونه است و $L =$ 6.89mm می‌باشد، ΔT_{p-v} *اختلاف گذردهی نرمالیزه شده عبوری*، $K = \frac{2\pi}{\lambda}$ بردار موج، I_0 شدت پرتو لیزر درکانون است و $S = 1 - \exp(\frac{-2r_a^2}{\omega_a^2})$ گذار خطی روزنه می‌باشد که در آن r_a شعاع روزنه و ω_a شعاع پرتو روزنه است.

با بررسی نمودارهای سیستم جاروب-Z روزنه بسته و به واسطه پاسخ غیرخطی هر دو ماده مشاهده می‌شود که هر دو نمونه دارای ضریب شکست غیر خطی منفی می‌باشند که نشان دهنده پدیده خود واکانونی است.

حال برای محاسبه ضریب جذب غیرخطی که فقط برای سبزی براسیکا مشاهده شده است شکل (۵) از رابطه زیر استفاده می‌کنیم:

$$\Delta T(Z) = 1 - \frac{\beta I_0 L_{eff}}{2\sqrt{2}(1+X^2)} \qquad (۳)$$



شکل ۵: منحنی روزنه باز جاروب-Z برای سبزی براسیکا

وجود یک کمینه در نمودارهای حاصله برای سیستم جاروب-Z روزنه باز سبزی براسیکا نشان می‌دهد که در محیط جذب دوفوتونی اتفاق می‌افتد و ضریب جذب غیرخطی منفی ($\beta < 0$) است. تقارن منحنی‌های سیستم جاروب-Z روزنه بسته

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-05]

مربوط به گیاه زوفا نشان می‌دهد که جذب در محیط اتفاق نمی‌افتد.

نتایج بدست آمده برای این دو ماده در جدول زیر آورده شده است:

جدول ۱: نتایج به دست آمده برای نمونه‌ها

	$\beta(^{cm}/_{W})$	$n_2 = (^{cm^2}/_{W})$	$\alpha(cm^{-1})$
براسیکا	1.6×10^{-4}	0.49×10^{-11}	0.69
زوفا	-	2.7×10^{-11}	1.27

۴- نتیجه‌گیری

دراین کار تجربی به بررسی خواص غیرخطی مرتبه سوم دو ماده آلی ارگانیک از دو خانواده مختلف با استفاده از روش جاروب-Z پرداخته شده است. با توجه به نمودارهای روزنه بسته برای هردو ماده و ترتیب قله- دره درمی‌یابیم که علامت ضریب شکست منفی است که نشان دهنده پدیده خود واکانونی می‌باشد. ضریب شکست غیرخطی برای هر دو ماده از مرتبه $10^{-11}\ m^2/w$ می‌باشد و با بررسی نمودارها برای هر دو ماده مشاهده می‌شود که ΔT_{p-v} برای گیاه زوفا بیشتر از سبزی براسیکا است. با بررسی اطلاعات مربوط به روزنه باز برای گیاه زوفا جذب غیرخطی چشمگیری مشاهده نشد و برای سبزی براسیکا این مقدار از مرتبه $10^{-4}m/w$ می‌باشد. از این مواد به دلیل خاصیت غیرخطی (تغییر ضریب شکست در اثر اعمال میدان نوری) می‌توان در سوئیچ‌های نوری استفاده کرد که کاربردهای زیادی از جمله در علم فوتونیک برای انتقال داده‌ها دارد، هم‌چنین استفاده از این مواد در صنعت پزشکی یکی دیگر از کاربردهای مهم این مواد می‌باشد [۱۲].

مراجع

[1] 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.

[2] J. L. Bredas, C. Adant, P. Tackx, A. Persoons, and B. M. Pierce, Third-order nonlinear optical response in organic materials: theoretical and experimental aspects, *Chem. Rev*. **94**, 243–278, 1994.

[3] A. A. Raj, R. Gunaseelan, and P. Sagayaraj, Investigation on third order nonlinear optical, electrical and surface properties of organic stilbazolium crystal of 4-N, N-dimethylamino-N′-methylstilbazolium p-methoxybenzenesulfonate, *Opt. Mater. (Amst)*. **38**, 102–107, 2014.

[4] Sterling M." Got anthocyanins. These plant pigment are than coloring agents for fruit juices, wine and other beverages; they also contain an array of health-promoting benefits".NSN; 5(6):231-4, 2000.

[5] Grover Jk, Yadav SP, Vats V." Effect of feeding Murraya koeingii and Brassica juncea diet on [correction] kidney function and glucose levels in streptozotocin diabetic mice". J Ethnopharmacol; 85(1): 1-5, 2003.

[6] Yokozawa T, Kim HY, Cho EJ, Yamabe N, Choi Js. "*Protective effects of mustard leaf (Brassica juncea) against diabatic oxidative stress*". J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo); 49(2): 87-93, 2003.

[7] Ana M. D˘zami´ca , Marina D. Sokovi´cb, Miroslav Novakovi´cc, Milka Jadraninc,Mihailo S. Risti´cd, Vele Te˘sevi´ce, Petar D. MarinaaUniversity," *Composition, antifungal and antioxidant properties ofHyssopus officinalis L. subsp. pilifer (Pant.) Murb.essential oil and deodorized extracts.* "J. Industrial Crops and Products 51, 401– 407, 2013.

[8] H.R. Khazaie, F. Nadjafi, M. Bannayan," Effect of irrigation frequency and planting density on herbage biomass and oil production of thyme (Thymus vulgaris) and hyssop (Hyssopus officinalis)."J. industrial crops and products 2 7, 315–321, 2013.

[9] S. KIZIL, N.HAŞİMİ, V. TOLAN, E.KILINÇ, H.KARATAŞ, "Chemical *Composition, Antimicrobial and Antioxidant Activities of Hyssop (Hyssopus officinalis L.) Essential Oil",* Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj 38 (3), 99-103, 2010.

[10] K.P.C.Vollhardt, N.E.Schore, " Organic chemistry ", W.H. Freeman and company, publishers, 1998.

[11] M. Sheik-Bahae, A.A. Said, E.W. Van Stryland," *High-sensitivity, single-beam n2 measurements"*, Opt. Lett. 14, 955-957, 1989.

[12] 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, 68-74, 2017.

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-05]