

بررسی خواص اپتیک غیر خطی ۴-نیتروانیلین در سه شدت با روش جاروب Z

شاگری، بیتا^۱؛ جعفری، اکبر^۱؛ مطیعی، حمیده^۱؛ نیکو، عباس^۲

گروه فیزیک، دانشگاه ارومیه، ارومیه

گروه شیمی، دانشگاه ارومیه، ارومیه

چکیده

در این مقاله، خواص نوری غیر خطی ۴-نیتروانیلین در حلال دی‌متیل‌فرم‌آمید (DMF) مورد مطالعه قرار گرفت. برای این کار از لیزر پیوسته کار Nd-YAG با طول موج ۵۳۲ nm در شدت‌های مختلف استفاده شد. مقادیر جذب و شکست غیر خطی بصورت تجربی در آزمایشگاه با استفاده از روش جاروب-Z بدست آمده، سپس با مقایسه نمودارهای تجربی و تئوری، ضرایب جذب و شکست غیر خطی محاسبه گردید. طبق نتایج حاصل، ضریب شکست غیرخطی ۴-نیتروانیلین از مرتبه $10^{-9} \frac{cm^2}{W}$ و ضریب جذب غیر خطی آن از مرتبه $10^{-4} \frac{m}{W}$ بود.

Study of nonlinear optics properties of 4-nitroaniline with three intensity by Z-scan technique

Shakeri, Bitaa¹; Jafari, Akbar¹; Motiei, Hamideh¹; Nikoo, abbas²

¹Department of Physics, Urmia University, Urmia

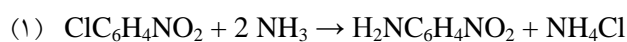
²Department of chemistry, Urmia University, Urmia

Abstract

In this article, Nonlinear optics properties of 4-nitroaniline was studied in solvent dimethylformamide (DMF). For this job, was used of continuous Nd-YAG laser with 532 nm wavelength in different intensity. Nonlinear absorption and refractive coefficients of sample obtained experimentally using Z-scan technique, Then, by comparing the theoretical and experimental curves, nonlinear absorption and refractive coefficients were calculated. According to the results, nonlinear refractive index and absorption of the sample is of the order of $10^{-9} \frac{cm^2}{W}$ and $10^{-4} \frac{m}{W}$.

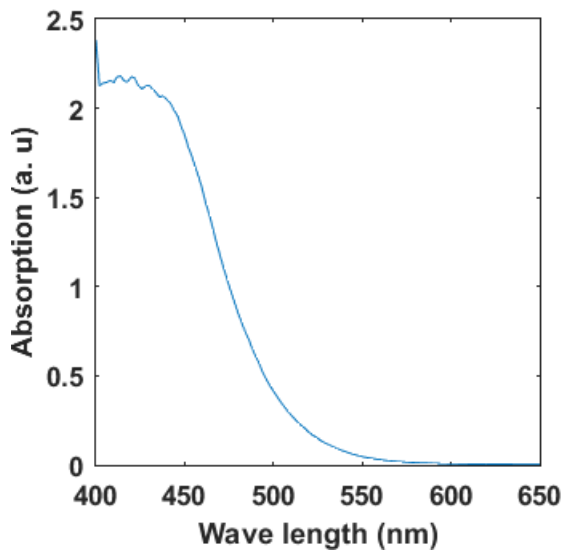
PACS No. ۳۰

آغازگر برای سنتز پارا-رد، اولین رنگ آزو است [۳]. وقتی گرم می‌شود، به حالت انفجاری به صورت یک فوم سخت پلیمریزه می‌شود [۴]. به صورت صنعتی توسط آمین‌دار کردن ۴-نیتروکلو‌بنزن بدست می‌آید. روش تولید صنعتی ۴-نیتروانیلین طبق واکنش زیر می‌باشد [۵].



مقدمه

۴-نیتروانیلین یک ترکیب آلی با فرمول شیمیایی $\text{C}_6\text{H}_5\text{N}_2\text{O}_2$ می‌باشد. این ماده شامل یک گروه فنیل متصل به یک گروه آمین است که در موقعیت پارا دارای گروه نیترو می‌باشد. این ترکیب در سنتز رنگ‌ها، آنتی‌اکسیدان‌ها، داروها، در بازدارنده‌های چسب و به عنوان یک ضد خوردگی استفاده می‌شود [۲، ۱]. از طرفی، یک ماده



شکل ۱: منحنی جذب خطی ۴- نیتروآنیلین

اندازه‌گیری ضرایب نوری غیر خطی

برای اندازه‌گیری ضریب جذب غیرخطی β و ضریب شکست غیرخطی n_2 ، ماده ۴- نیتروآنیلین را در حلال دی‌متیل‌فرماید (DMF) حل نموده سپس درون سلول کوارتز به ضخامت $6/89$ میلی‌متر ریخته و در دستگاه جاروب-Z قرار می‌دهیم. طول موج لیزر بکار رفته، 532 nm و از نوع پیوسته کار با توزیع شدت عرضی گوسین است. راستای انتشار لیزر را محور فرضی Z در نظر می‌گیریم. نور لیزر در حالی به ماده می‌تابد که ماده در حال حرکت بر روی ریل است و عدسی محدب که در ابتدای ریل گذاشته شده نور لیزر تابیده را در یک نقطه کانونی می‌کند. آشکارساز ۱ (معروف به روزنه بسته) و آشکارساز ۲ (معروف به روزنه باز) به ترتیب مقادیر شکست و جذب غیر خطی را به ازای شدت تابیده و بسته به مکان نمونه روی ریل نمایش می‌دهند. با رسم نمودار مربوط به داده‌های آشکارساز ۱، مطابق شکل ۲ (a, b, c)، یک قله و سپس دره را به ازای شدت‌های لیزری مختلف بترتیب $\frac{MW}{m^2}$ $1/56$ ، $1/99$ و $2/68$ مشاهده می‌کنیم. بنابراین پی به وقوع پدیده خود واکانونی در ماده و در نتیجه غیرخطیت منفی ماده می‌بریم.

در این مقاله سعی کردیم برای گسترش بازه کاربرد ۴- نیتروآنیلین در علم پزشکی و صنعت، خواص نوری غیر خطی این ماده را بررسی کنیم. تا به حال، کارهای زیادی جهت بررسی خواص الکترونیکی و خواص نوری خطی و غیر خطی ۴- نیتروآنیلین و مشتقات آن با روشهای مختلفی انجام گرفته است [۶-۷]. اما در اینجا برای محاسبه با جزئیات بیشتر از روش جاروب-Z استفاده کردیم که تاکنون از این روش برای بدست آوردن ضرایب نوری غیر خطی ۴- نیتروآنیلین استفاده نشده است. روش ساده اما دقیق جاروب-Z توسط شیخ بهایی و همکارانش در سال ۱۹۸۹ ابداع شد [۸]. از آنجا که اساس کار روش جاروب-Z همگرایی و واگرایی پرتو تابیده به ماده غیرخطی قبل و بعد از کانون است پس اگر ماده‌ی مورد استفاده ما دارای خاصیت غیرخطی باشد باید اثر این خاصیت را در نمودارهای حاصل از آزمایش بصورت قله و دره مشاهده نماییم. اگر قله ایجاد شود بیانگر افزایش شدت عبوری از روزنه و اگر دره ایجاد شود بیانگر کاهش شدت عبوری از روزنه می‌باشد. شکل قله و سپس دره نشانگر واگرایی پرتو قبل و بعد از کانون است و بالعکس.

اندازه‌گیری ضرایب نوری خطی

برای محاسبه ضریب شکست خطی n_0 از دستگاه انکسارسنج و برای محاسبه ضریب جذب خطی α از دستگاه طیف‌سنج نور مرئی-فرابنفش استفاده کردیم. شکل (۱) منحنی جذب خطی پرتو را در طول موج‌های مختلف از جمله $\lambda = 532 \text{ nm}$ نشان می‌دهد. ضریب جذب خطی ماده به کمک داده‌های شکل (۱) و از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\alpha = -\frac{\ln(T)}{L} \quad (2)$$

که T مقدار عبور خطی نور از ماده به ازای طول موج λ و L ضخامت سلول دستگاه طیف‌سنج نور مرئی-فرابنفش است.

$$n = n_0 + \frac{n_2}{2}|E|^2 = n_0 + \gamma I \quad (۳) \text{ الف}$$

$$\Delta n_0 = \gamma I \quad (۳) \text{ ب}$$

$$\Delta \varphi_0 = k \Delta n_0 L_{eff} \quad (۴)$$

$$T(Z, \Delta \varphi_0) = 1 - \frac{4 \Delta \varphi_0 Z}{(1 + X^2)(9 + X^2)} \quad (۵)$$

در این روابط، $I = \frac{P}{\pi \omega_0^2}$ شدت پرتو لیزر با توان P ، $k = \frac{2\pi}{\lambda}$

بردار موج پرتو، $Z_0 = \frac{k}{2} \omega_0^2$ طول پراش پرتو، ω_0 شعاع کمره

پرتو گوسین در کانون و $L_{eff} = \frac{1 - e^{-\alpha l}}{\alpha}$ طول موثر ماده

است.

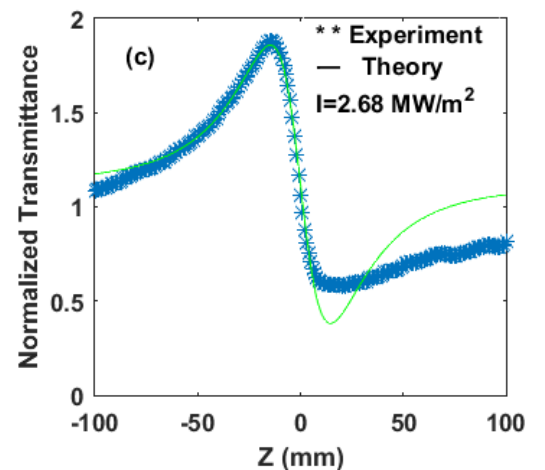
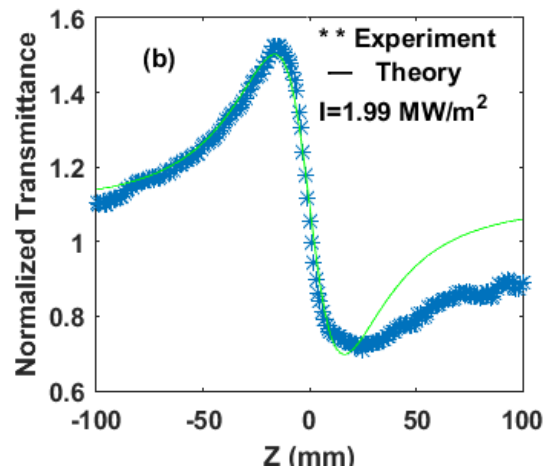
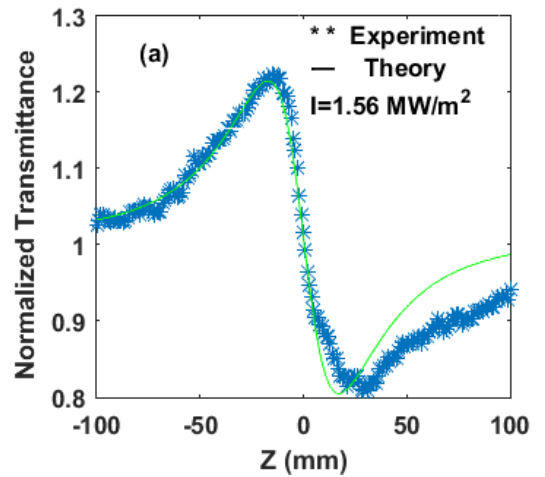
نمودارهای تجربی حاصل از داده‌های آشکارساز ۲ و منحنی‌های تئوری جذب غیر خطی به ازای شدت‌های لیزری مختلف که بترتیب عبارت اند از: $1/56 \frac{MW}{m^2}$ ، $1/99$ و $2/68$ ، در شکل ۳ (a, b, c) نشان داده شده، وجود دره در این شکل نشان دهنده مثبت بودن ضریب جذب غیرخطی β برای این ماده و وقوع پدیده جذب دو فوتونی است. برای محاسبه ضریب جذب غیر خطی از رابطه زیر استفاده شده است [۱۰]:

$$\Delta T = 1 - \frac{\beta I L_{eff}}{2\sqrt{2}(1 + X^2)} \quad (۶)$$

مقادیر بدست آمده برای ضریب شکست غیر خطی n_2 و ضریب جذب غیر خطی β ، متناسب با شدت تابیده در جدول (۱) آمده است.

جدول ۱: مقادیر ضرایب شکست و جذب غیر خطی به ازای شدت‌های مختلف

$I \times 10^6 (W/m^2)$	۱/۵۶	۱/۹۹	۲/۶۸
$n_2 \times 10^{-9} (cm^2/W)$	۰/۰۹	۱/۲	۱/۷
$\beta \times 10^{-4} (m/W)$	۱/۴۵	۱/۶۵	۱/۶۸



شکل ۳: منحنی‌های شکست غیر خطی در شدت‌های $1/56 \frac{MW}{m^2}$ (a)

و $1/99 \frac{MW}{m^2}$ (b) و $2/68 \frac{MW}{m^2}$ (c)

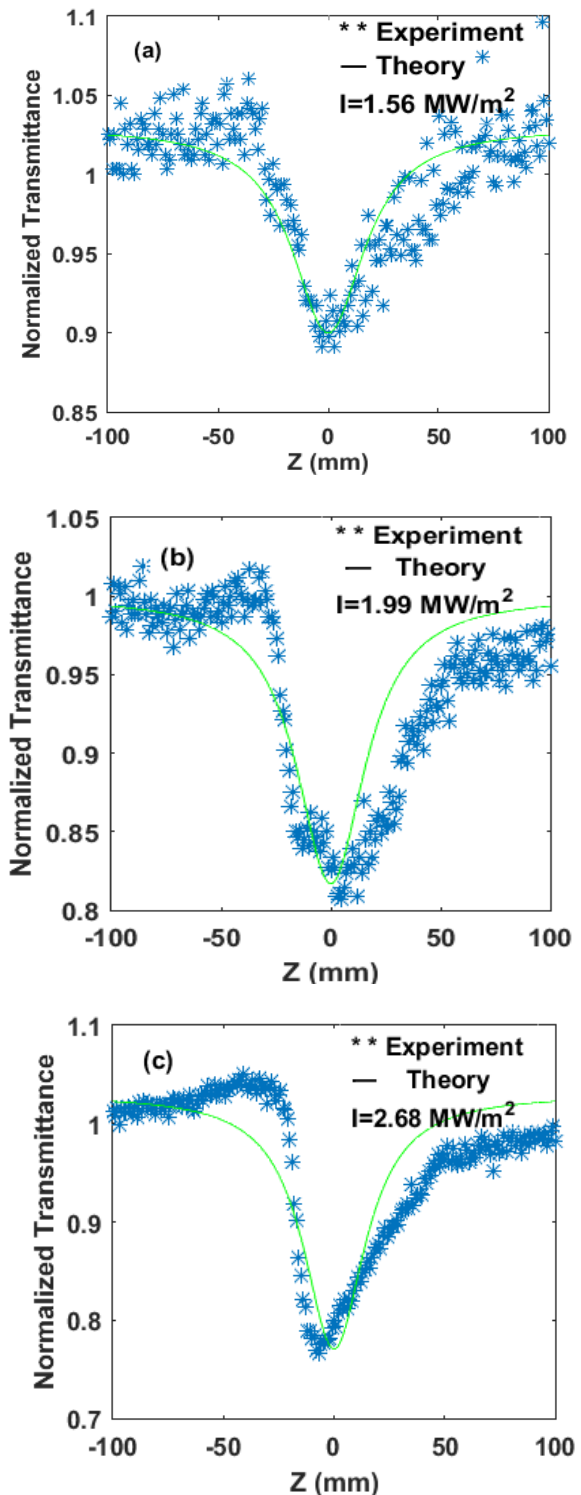
برای رسم نمودار تئوری و محاسبه ضریب شکست غیر خطی

n_2 ، از روابط زیر استفاده کردیم [۹]:

به کمک روش جاروب-Z اندازه و علامت ضرایب شکست و جذب غیر خطی ۴-نیتروآنیلین بدست آمد. طبق محاسبات صورت گرفته ضریب شکست غیر خطی از مرتبه $10^{-9} (cm^2/W)$ و ضریب جذب غیر خطی از مرتبه $10^{-4} (m/W)$ می‌باشد. از طرفی، ترتیب قرار گرفتن قله و دره در منحنی شکست غیر خطی، نشان دهنده منفی بودن ضریب شکست غیر خطی و وقوع پدیده خود واکانونی در ماده است. ضریب جذب غیر خطی نیز بدلیل دره بودنش، نشان می‌دهد که ضریب جذب غیر خطی مثبت بوده و پدیده جذب دو فوتونی در آن اتفاق افتاده است. همچنین مشاهده می‌کنیم با افزایش شدت پرتو تابیده، مطابق شکل ۲ (a, b, c)، فاصله قله تا دره و مطابق شکل ۳ (a, b, c)، ارتفاع دره تغییر می‌کند، از سوی دیگر منحنی های تئوری و تجربی مطابقت زیادی با یکدیگر دارند. از ۴-نیتروآنیلین در صنعت و پزشکی استفاده می‌شود که با فهمیدن خواص نوری غیر خطی آن می‌توان در فوتونیک و ابزارآلات الکترونیکی نیز بهره برد.

مرجع ها

- [1] J. H. Sun, S. P. Sun, M. H. Fan, H. Q. Guo, L. P. Qiao and R. X. Sun; "A kinetic study on the degradation of p-nitroaniline by Fenton oxidation process"; *Journal of Hazardous Materials* **148**, No. 1-2 (2007) 172-177.
- [2] W. C. Hou, H. J. Chen, T. E. Chen and Y. H. Lin; "Detection of protease activities using specific aminoacyl or peptidyl p-nitroanilides after sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis and its applications"; *Electrophoresis* **20**, No 3 (1999) 486-490.
- [3] J. R. Mohrig, T. C. Morrill, C. N. Hammond, and D. C. Neckers; "Synthesis 5: Synthesis of the Dye Para Red from Aniline"; New York, NY. (1997) 456-467.
- [4] K. L. Williamson; "Macroscale and Microscale Organic Experiments"; 4th edition, Houghton-Mifflin (2002).
- [5] G. Booth; "Nitro Compounds, Aromatic in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry"; 7th edition, Wiley-VCH: Weinheim. (2005).
- [6] M. Dadsetani, A. R. Omid; "Linear and nonlinear optical properties of 3-nitroaniline (m-NA) and 4-nitroaniline (p-NA) crystals: A DFT/TDDFT study"; *Journal of Physics and Chemistry of Solids* **85** (2015) 117-131.
- [7] N. O. Obi-Egbedi, M. Targema, M. D. Adeoye, S. T. Gbangban; "Calculation of Electronic Properties of Some 4-Nitroaniline Derivatives: Molecular Structure and Solvent Effects"; *International Research Journal of Pure & Applied Chemistry* **82** (2015) 165-174.
- [8] M. Sheik-bahae, A. A. Said and E. W. Van Stryland; "High-sensitivity, single-beam n2 measurements"; *Optics Letters* **14**, No. 17 (1989) 955-957.
- [9] I. Severiano-Carrillo, E. Alvarado-Méndez, M. Trejo-Durán, M.M. Méndez-Otero; "Improved Z-scan adjustment to thermal nonlinearities by including nonlinear absorption"; *Optics Communications*, **397**, (2017) 140-146.
- [10] M. D. Zidan, M. M. Al-Ktaifani, A. Allahham; "Nonlinear optical investigation of the Tris (2', 2-bipyridyl) iron (II) tetrafluoroborate using z-scan technique"; *Optics & Laser Technology* **90** (2017) 174-178.



شکل ۳. منحنی های جذب غیر خطی در شدتهای $1/56 \frac{MW}{m^2}$ (a)

و $1/99 \frac{MW}{m^2}$ (b) و $2/68 \frac{MW}{m^2}$ (c)

نتیجه گیری