

## طیف جذب مادون قرمز تری نیتروتولون (TNT)

اصغر محمودیان ، وحید صاحب\* و حسین روح الامینی نژاد

دانشکده فیزیک، دانشگاه شهید باهنر کرمان

تری نیتروتولون (TNT) ماده ای است که به عنوان پیشران و مواد منفجره در مواد استفاده می شود. امروزه شناسایی این ماده از نظر مسائل امنیتی، آلودگی محیط زیست و نظامی دارای اهمیت می باشد. در این کار پژوهشی، طیف فرسرخ TNT به طور تجربی اندازه گیری شده است. سپس با استفاده از طریق روش های شیمی کوانتومی ساختار و فرکانس شیوه های ارتعاشی این مولکول محاسبه شده است. سپس با مقایسه داده های تجربی و نظری هر کدام از پیک های جذبی فرسرخ TNT به شیوه های حرکت ارتعاشی این مولکول نسبت داده شده است. نتایج این تحقیق در ساخت لیزر های فرسرخ جهت شناسایی این ترکیب می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

کلید واژه: تری نیتروتولون - طیف جذبی مادون قرمز تری نیتروتولون- شیوه های ارتعاشی - شیمی کوانتومی

## Trinitrotoluene Infrared Absorption Spectrum

Asghar Mahmoudian, Vahid Saheb, Hossein Rouholamini Nejad

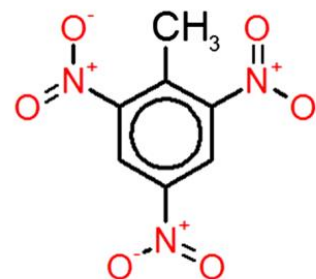
Faculty of Physics, Shahid Bahonar University of Kerman

Abstract- Trinitrotoluene (TNT) is used as propellant and explosive. Detection of this compound is of great importance from security and environmental pollution stand points. In this research, Infrared (IR) spectrum of TNT is recorded. Next, the structure and vibrational frequencies of normal modes of TNT molecule are computed by electronic – structure calculations. By companies on of the IR peaks of TNT in the computed vibrational frequency, each IR peak is assigned to the corresponding normal mode of vibration. The results of the present work can be applied to the identifications of TNT by lasers working in IR region.

Keywords: Trinitrotoluene detection; Infrared absorption spectrum of trinitrotoluene; vibrating techniques; Quantum chemistry

## ۱- مقدمه

تری نیتروتولون (TNT) از بیشترین مواد منفجره مورد استفاده شده در جنگ جهانی اول بوده است. TNT یک جامد بلوری زرد رنگ و بی بو در دمای اتاق است که بطور طبیعی در محیط بوجود نمی آید و حلالیت آن در آب (حدود ۱۳۰ میلی گرم بر لیتر (mg/L) در ۲۰ درجه سانتیگراد است) و فشار بخار نسبتاً کمی دارد [۱]. فرمول مولکول آن  $C_7H_5N_3O_6$  (2,4,6-Trinitrotoluene) است. در شکل ۱ ساختار مولکولی TNT نشان داده شده است.



شکل ۱: ساختار مولکولی TNT. [۲]

این ترکیب با ترکیب تولون با مخلوطی از اسید نیتریک و اسید سولفوریک ساخته شده است. این ماده بسیار منفجره، یک ترکیب تک حلقه نیتروآروماتیک است. سرعت انفجار تی ان تی ۷۰۲۸ متر در ثانیه است. در دمای ۳۵۴ درجه کلوین ذوب می شود و گرمادادن به TNT بالاتر از ۳۴۳ درجه کلوین باعث ایجاد تغییرات فیزیکی و شیمیایی در آن می شود [۳]. واکنش سمی TNT در انسان ممکن است منجر به هپاتیت سمی و کم خونی آپلاستیک، که منجر به مرگ بسیاری از کارگران نظامی در طی دو جنگ جهانی شده، شود. مشکلات پزشکی جدی شامل گاستریت، درماتیت، سیانوز، کم خونی و سرگیجه بوجود آورد [۱]. TNT بعنوان یک ماده منفجره ی نیتروآروماتیک یک نگرانی امنیتی و بهداشتی و زیست محیطی برای جامعه ی جهانی بشمار می رود. مواد منفجره به طور گسترده در

صنعت و فعالیت های ارتشی یا تروریستی استفاده می شود. با در نظر داشتن معایب TNT مثل اختلافات قلبی عروقی شدید، اختلال در عملکرد کبد، کم خونی، آب مروارید و سرطان زایی؛ تشخیص و آشکارسازی پسماندهای آن و مبارزه با تروریست از اهمیت فوق العاده ای برخوردار است. برای تشخیص TNT از روش های مختلفی از جمله آشکارسازهای زیستی و حالت پشرفته تر، طیف سنج ها جهت تشخیص مواد منفجره می توان استفاده کرد. از جمله آشکارسازهای زیستی می توان به سگ ها، موش ها و زنبور عسل ها آموزش دیده اشاره کرد و حالت پیشرفته تر طیف سنجی جرمی (MS)، طیف سنجی تحریک یونی (IMS)، کروماتوگرافی گازی (GC) و کروماتوگرافی مایع با عملکرد بالا (HPLC) حساس ترین روش ها برای آشکارسازی مواد منفجره هستند؛ از این رو در امنیت فرودگاه ها استفاده می شوند. با وجود دقت و صحت و قابلیت اطمینان آن ها، این روش ها معایب عملی مثل پیچیدگی، هزینه بالا و زمان زیاد جهت نتیجه گیری دارند [۴].

## ۲- روش انجام کار

برای تهیه طیف فروسرخ TNT مقدار کمی از TNT (کمتر از ۱ درصد وزنی) با پودر KBr کاملاً مخلوط شد. سپس از آن قرص تهیه شد در محدوده  $4400\text{ cm}^{-1} - 450\text{ cm}^{-1}$  توسط یک دستگاه طیف سنج فروسرخ Perkin- Elmer Mdel RX-IM طیف جذبی آن اندازه گیری شد.

## ۳- روش محاسبات

در این پژوهش از روش های شیمی کوانتومی برای تعیین و بهینه سازی ساختار مولکولی TNT و همچنین محاسبه فرکانس شیوه های ارتعاشی آن استفاده شده است [۵]. از روش تابعی چگالی B3LYP/6-31+G(d,p) برای محاسبه

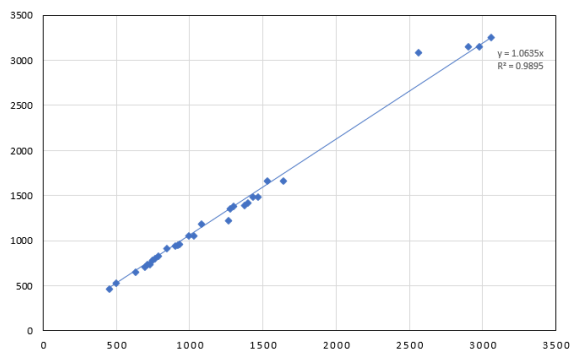
Gas Chromatography<sup>f</sup>

High Performance Liquid Chromatography<sup>Δ</sup>

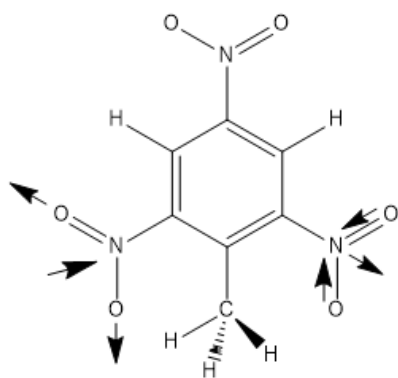
Trinitrotoluene<sup>۱</sup>

Mass Spectrometry<sup>۲</sup>

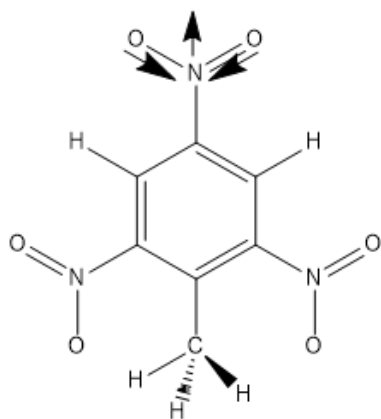
Ion Mobility Spectroscopy<sup>۳</sup>



نمودار ۱: رسم فرکانس های تجربی بر اساس تئوری بطور مثال دو فرکانس جذبی مهم در ناحیه فروسرخ را می توان مطابق شکل ۳ و ۴ به شیوه ارتعاشی مولکولی TNT مرتبط سازیم .



شکل ۳: شیوه ارتعاشی مولکول TNT در ناحیه فروسرخ ( $1391/0.7 \text{ CM}^{-1}$ )

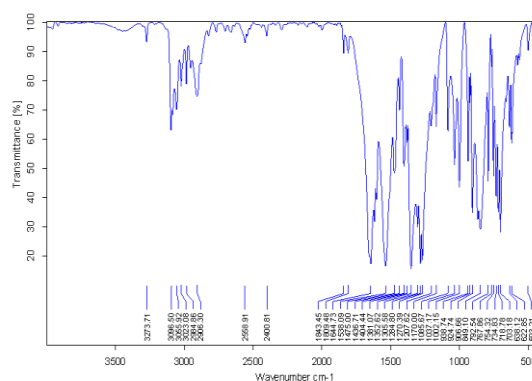


شکل ۴: شیوه ارتعاشی مولکول TNT در ناحیه فروسرخ ( $1383/0.7 \text{ CM}^{-1}$ )

ساختار الکترونی مولکول TNT استفاده شده است. با حل معادلات برای قسمت الکترون میدان پتانسیل لازم برای بدست آوردن فرکانس شیوه های ارتعاشی مولکول TNT و همچنین قدرت نوسانگر هر کدام از این شیوه های ارتعاشی بدست می آید. قدرت نوسانگر معیاری از فعال بودن آن شیوه ارتعاشی در برهم کنش امواج الکترومغناطیسی است. بنابراین، شیوه های ارتعاشی با قدرت نوسانگر بزرگتر، شدت جذب و نشر بیشتری در ناحیه فروسرخ از خودشان می دهند.

#### ۴- نتایج

طیف جذبی فروسرخ TNT در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲: طیف جذبی TNT در ناحیه فروسرخ

مقادیر عددی فرکانس های جذبی در ناحیه فروسرخ به همراه مقادیر محاسبه از روش B3LYP/6-31+G(d,p) در جدول ۱ آورده شده است. همانطور دیده می شود مقادیر محاسبه شده از مقادیر تجربی اندکی بزرگ تر است که این موضوع به خطای قطع در محاسبات شیمی کوانتومی و ناهماهنگی در ارتعاشات نسبت داده می شود. برای بدست آوردن رابطه ای بین مقادیر محاسبه شده و تجربی، مقادیر محاسبه شده بر علیه مقادیر تجربی رسم شده است (نمودار ۱). همانطور که مشاهده می شود رابطه خطی خوبی ( $R^2 = 0.9895$ ) بین این مقادیر وجود دارد؛ به نحوی که می توان هر فرکانس جذبی در ناحیه فروسرخ را به یک شیوه ارتعاشی مولکولی TNT مرتبط ساخت.

جدول ۱: فرکانس های تئوری و تجربی TNT

- [1] Nicole Fahrenfeld<sup>1</sup>; Amy Pruden<sup>2</sup>; and Mark Widdowson, P.E., M.ASCE, Kinetic and Pathway Modeling of Reductive 2,4,6-Trinitrotoluene Biodegradation with Different Electron Donors, 2015 American Society of Civil Engineers
- [2] J. Yinon<sup>1</sup> and D.-G. Hwang, Metabolic Studies of Explosives, Heyden & Son Limited, 1986.
- [3] Dongdong Wu, Jagdish P. Singh, Fang Y. Yueh and David L. Monts, 2,4,6-Trinitrotoluene detection by laser photo fragmentation–laser-induced, 1996 Optical Society of America.
- [4] Ross J. Harper and Kenneth G. Furton, Biological Detection of Explosives, 2007 Published by Elsevier B.V. All rights reserved.
- [5] W. Koch, M. C. Holthausen, A Chemist's Guide to Density Functional Theory, second ed., WILEY-VCH Verlag GmbH, Weinheim, 2001.

فرکانس های تجربی	فرکانس های تئوری
۳۰۶۶	۳۲۵۵
۲۹۸۵	۳۱۴۸
۲۹۰۶	۳۱۴۸
۲۵۶۹	۳۰۸۸
۱۶۴۵	۱۶۶۱
۱۵۳۸	۱۶۵۷
۱۴۷۵	۱۴۸۰
۱۴۳۷	۱۴۷۹
۱۴۰۴	۱۴۲۲
۱۳۸۱	۱۳۹۱
۱۳۰۶	۱۳۸۳
۱۲۸۵	۱۳۵۷
۱۲۷۰	۱۲۲۲
۱۰۸۶	۱۱۸۵
۱۰۳۷	۱۰۴۹
۱۰۰۲	۱۰۴۹
۹۳۹	۹۵۶
۹۲۵	۹۵۰
۹۰۷	۹۴۳
۸۴۹	۹۱۶
۷۹۳	۸۳۱
۷۶۸	۸۰۱
۷۵۴	۷۷۸
۷۳۵	۷۳۸
۷۱۹	۷۳۲
۷۰۳	۷۰۴
۶۳۸	۶۴۶
۵۰۳	۵۳۲
۴۵۹	۴۶۶