



بیست و پنجمین کنفرانس اپتیک و  
فوتونیک ایران و یازدهمین کنفرانس  
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،  
دانشگاه شیراز،  
شیراز، ایران.  
۱۳۹۷ بهمن ۹-۱۱



## طراحی و برپایی چیدمان پروب فیبر نوری رامان جهت بررسی طیف گلوکز

سعیده سلطانی، مجید ناظری و احمد ساجدی

گروه لیزر و فوتونیک دانشکده فیزیک، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

[m\\_nazeri@kashanu.ac.ir](mailto:m_nazeri@kashanu.ac.ir)

چکیده - در این پژوهش با طراحی و برپایی چیدمان پروب فیبر نوری رامان، به بررسی طیف گلوکز محلول در آب پرداخته شده است. پروب رامان طراحی شده شامل دو لنز و یک آینه با گشودگی عددی (NA) ۰,۲۳ و لیزر ۵۳۲ نانومتر است. این سیستم برای اندازه گیری طیف گلوکز محلول در آب در غلظت های مختلف و همچنین توان های مختلف لیزر استفاده شده است.

کلید واژه- پراکندگی غیر الاستیک نور، پروب فیبر نوری، پروب Y شکل، طیف سنجی رامان، غلظت گلوکز

## Design and setup of fiber optic Raman probe in order to study of glucose spectrum

Saiedeh Soltani, Majid Nazeri, and Ahmad Sajedi

Department of Laser & Photonics, Faculty of Physics, University of Kashan, Kashan, Iran

Abstract - In this research, by designing and installing Raman fiber probe, the spectrum of water-soluble glucose has been investigated. The designed Raman probe consists of two lenses and a mirror with numerical aperture (NA) of 0.23 and a laser of 532 nm. The system is used to measure the spectrum of water-soluble glucose at different concentrations as well as different laser power.

Keywords: Non-elastic light dispersion, optical fiber probes, Y-shaped probe, Raman spectroscopy, glucose concentration

## مقدمه

مواد دارویی، تشخیص و آنالیز مواد در حوزه علم شیمی، آنالیز آثار هنری و باستان شناسی و در حوزه بیولوژیکی و پزشکی کاربرد دارد [۱-۵].

چیدمان کاوشگر رامان طراحی شده در این مقاله برای بررسی و تحلیل طیف رامان گلوکز محلول در آب مورد استفاده قرار گرفته است. این سیستم با گشودگی عددی ۰,۲۳ - گشودگی عددی سینوس زاویه میدان دید کاوشگر است - طراحی شده است که به تحلیل و اندازه گیری طیف گلوکز در غلظت‌های مختلف و همچنین توان‌های مختلف لیزر ۵۳۲ نانومتر پرداخته است. در این مقاله دو نوع سیستم کاوشگر رامان برای تحلیل مواد مورد بررسی قرار گرفته است.

## کاوشگر رامان

سیستم کاوشگر رامان به منظور بررسی پراکندگی رامان از نمونه‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به بررسی منابع [۱-۵]، سیستم کاوشگر رامان طراحی و برپا شده است که نمایی از این سیستم در شکل ۱ مشاهده می‌شود. وسایل مورد نیاز برای چیدمان این سیستم شامل لیزر، آینه، لنز (با قطر یک اینچ و فاصله کانونی ۵ سانتی‌متر)، محفظه نگهدارنده ماده (از جنس سیلیکا)، فیلتر میان‌گذر، فیبر نوری (با روزه ۶۰۰ میکرومتر)، نگهدارنده لنز و آینه می‌باشد.

دو نوع چیدمان آزمایشگاهی طراحی شده برای کاوشگر فیبر نوری رامان در شکل ۲ مشاهده می‌شود. سازوکار این سیستم، در نمونه الف، به این صورت است که نور لیزر توسط آینه به سمت لنز هدایت می‌شود و از طریق لنز اول بر روی نمونه متمرکز می‌شود. پرتوهای پراکنده شده از ماده توسط لنز اول موازی شده و به سمت لنز دوم هدایت می‌شود. پرتوهای بازگشتی توسط فیبر به سمت آشکارساز هدایت می‌شوند. در نمونه ب، یک سر فیبر جمع‌کننده نور لیزر،

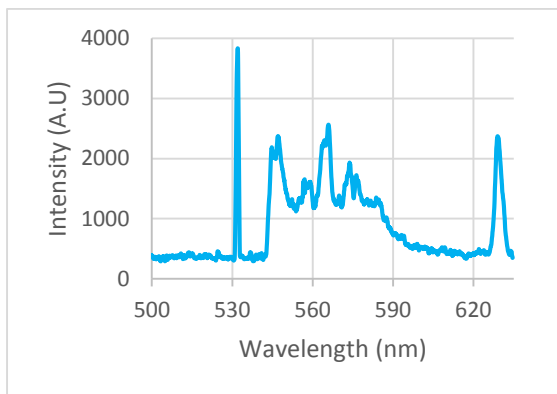
طیف‌سنجی، مطالعه برهم‌کنش مواد با امواج الکترومغناطیس است که با مجموعه‌ای از روش‌های مختلف آزمایشگاهی در مورد موضوعاتی از قبیل ساختار مولکولی، انرژی پیوندها، ترازهای انرژی، آرایش هسته، چرخش مولکول‌ها و ... به تحلیل و بررسی مواد می‌پردازد. یک تکنیک طیف‌سنجی ارتعاشی که برای حصول مشخصات منحصر به فرد شیمیایی مولکول‌ها استفاده می‌شود، طیف‌سنجی رامان است. طیف‌های رامان هر مولکول، منحصر به فرد است. از این رو می‌توان از آن مانند "اثر انگشت" در تشخیص ترکیبات مولکولی روی یک سطح، درون یک مایع یا در هوا استفاده کرد [۱].

تئوری پراکندگی رامان در سال ۱۹۲۳ توسط "اسمکال" پیشگویی شد و اولین مشاهده تجربی پراکندگی غیر الاستیک نور در سال ۱۹۲۸ توسط "رامان" بر روی یک نمونه مایع، با متمرکز کردن نور خورشید صورت گرفت که منجر به دریافت جایزه نوبل در سال ۱۹۳۰ گردید [۲]. برای ورود این آزمایش به حوزه ارتباطات، تجارت و کاربردهای بیشتر در آن زمان، نیاز به پیشرفت دستگاههایی مانند آشکارسازهای حساس و منابعی با توان تابشی بالا بود. اولین قدم با کشف لیزر در سال ۱۹۶۰ رخ داد [۳]. در سال ۱۹۹۰ پیشرفت دستگاه‌های مختلف از جمله آشکارسازها، فیلترها و لیزرها منجر به پذیرش سیستم‌های رامان به عنوان ابزار تحقیقاتی و ورود آن به حوزه صنعت شد [۲-۱].

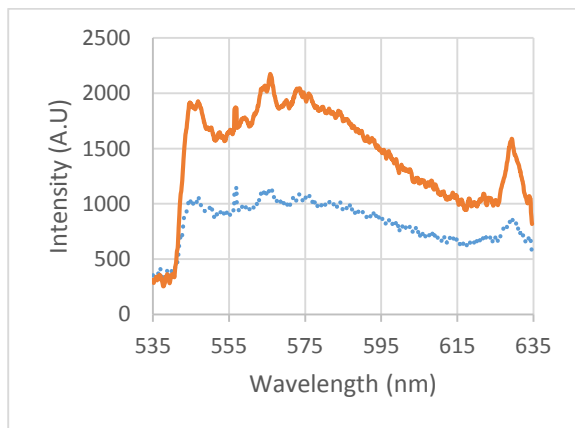
از جمله قطعات تعیین‌کننده در چیدمان رامان پروب (کاوشگر) رامان است. پروب فیبرنوری رامان یکی از انواع مختلف سیستم‌های موجود می‌باشند که برای کاربردهای مختلف مورد استفاده قرار گرفته شده است. با استفاده از کاوشگر رامان می‌توان هر نقطه از مواد محلول و جامد را مورد تحلیل و شناسایی قرار داد. کاوشگر فیبری رامان در تشخیص مواد منفجره و مواد مخدر، آنالیز مواد غذایی و نانو

### نتایج طیف رامان گلوکز

گلوکز مونوساکاریدی با فرمول شیمیایی  $C_6H_{12}O_6$ ، قند موجود در خون انسان است که توسط بدن مصرف شده و تولید انرژی می‌کند و همچنین در بسیاری از مواد غذایی یافت می‌شود. گلوکز بدون رنگ بوده و به راحتی در آب، استیک اسید و چند حلال دیگر حل می‌شود. در این پژوهش از محلول گلوکز در آب استفاده شده است (شکل ۳).



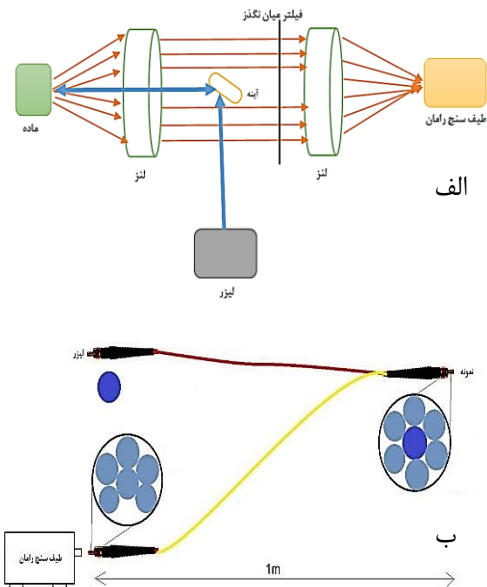
شکل ۳) طیف رامان گلوکز مونوساکاریدی با فرمول شیمیایی  $C_6H_{12}O_6$



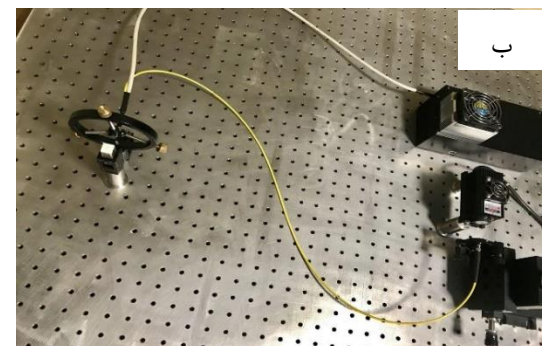
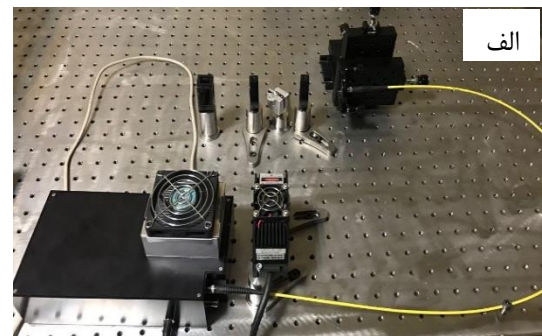
شکل ۴) طیف رامان گلوکز در ۲ توان مختلف. توان ۳۲ (نمودار خط چین) و توان ۲۴ میلی وات (نمودار نقطه چین)

از جمله مواردی که در افزایش و شناسایی طیف رامان مواد مختلف بسیار پر اهمیت بوده است، توان لیزر و زمان داده گیری می‌باشد (شکل ۴). مورد مهم دیگری که در بسیاری از منابع مورد تحلیل قرار گرفته است [۵]، میزان غلظت ماده می‌باشد که در این پژوهش، ماده گلوکز در چهار غلظت

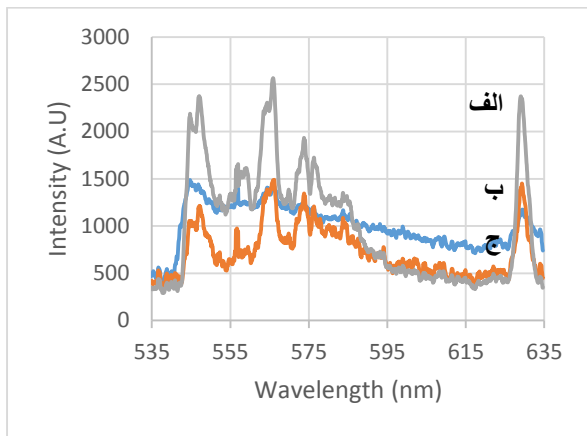
سر دوم فیبر، نور لیزر را به نمونه برخورد می‌دهد و نور پراکنده شده از ماده را جمع آوری کرده و در نهایت سر سوم فیبر، نور را به طرف طیف سنج هدایت می‌کند.



شکل ۱) نمایی از سیستم پراب رامان الف: پروب رامان معمولی ب: پروب رامان Y شکل



شکل ۲) الف: چیدمان آزمایشگاهی پراب رامان معمولی و ب: پروب رامان با استفاده از فیبر Y شکل که در شکل ۱ نشان داده شده است



شکل ۵) طیف گلوکز در سه غلظت مختلف: الف: ۵۰۰ - ب: ۳۰۰ - ج: ۱۵۰ میلی گرم بر میلی لیتر (در زمان ۳۰ ثانیه)  
 جدول ۱) طیف رامان گلوکز: مقایسه نتایج آزمایشگاهی به دست آمده با نتایج موجود در منابع [۵]

نتایج موجود در منابع (بر حسب $cm^{-1}$ )	نتایج آزمایشگاهی به دست آمده بر حسب سانتی متر معکوس ( $cm^{-1}$ )	نتایج آزمایشگاهی به دست آمده بر حسب نانومتر (nm)
۴۵۰	۴۴۲٫۹	۵۴۴٫۷
۵۱۸	۵۲۰٫۷	۵۴۷٫۲
۸۶۰	۸۶۰٫۶	۵۶۶٫۸
۱۱۲۰	۱۱۲۷٫۵	۵۶۵٫۸
۱۳۶۰	۱۳۷۱٫۱	۵۷۳٫۷
۱۴۵۵	۱۴۵۲٫۵	۵۷۶٫۴
۲۸۹۸	۲۹۰۴٫۹	۶۲۹۰٫۴

## مرجع ها

- Smith, Ewen, and Geoffrey Dent. *Modern Raman spectroscopy: a practical approach*. John Wiley & Sons, 2013.
- Larkin, Peter. *Infrared and Raman spectroscopy: principles and spectral interpretation*. Elsevier, 2017.
- Shao, Jingwei, et al. "In vivo blood glucose quantification using Raman spectroscopy." *PLoS one* 7.10 (2012): e48127.
- Lyandres, Olga, et al. "Progress toward an in vivo surface-enhanced Raman spectroscopy glucose sensor." *Diabetes technology & therapeutics* 10.4 (2008): 257-265.
- Mathlouthi, Mohamed, and Dang Vinh Luu. "Laser-Raman spectra of d-glucose and sucrose in aqueous solution." *Carbohydrate Research* 81.2 (1980): 203-212.

۱۵۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ میلی گرم بر میلی لیتر مورد تحلیل قرار گرفته شده است (شکل ۵). مطابق با شکل ۵، مشاهده می شود که شدت سیگنال های رامان با غلظت ماده گلوکز رابطه مستقیم دارد. با افزایش غلظت، شدت سیگنال های رامان افزایش می یابد و همچنین در غلظت های کم، برخی از سیگنال های رامان قابل تشخیص نمی باشد. جدول ۱ محل دقیق پیک های بدست آمده و نتایج حاصله از مرجع [۵] را نشان می دهد. همانطور که مشخص است نتایج بدست آمده از تطابق بسیار خوبی برخوردار می باشد. اندک اختلاف بین نتایج به دست آمده با نتایج منابع که در جدول ۱ مشاهده می شود به دلیل دقت طیف سنج رامان استفاده شده می باشد. دقت طیف سنج رامان استفاده شده برابر با ۰٫۴ نانومتر (۱۰ سانتی متر معکوس) می باشد. از جمله مزیتی که پروب رامان با فیبر  $\gamma$  شکل نسبت به پروب اولیه (شکل ۱-الف) دارد، توان کمتر لیزر می باشد. در پروب با فیبر  $\gamma$  شکل (شکل ۱-ب) از توان لیزر در حدود ۵ تا ۱۰ میلی وات که حدود ۵۰ درصد کاهش توان نسبت به پروب اولیه است توانسته ایم طیف رامان با همان کیفیت را اندازه گیری کنیم. این سیستم مقدمه ای برای ساخت و تحلیل سیستم رامان برای تشخیص گلوکز خون می باشد.

## نتیجه گیری

در این پژوهش با طراحی و برپایی چیدمان پروب فیبر نوری رامان، به بررسی طیف گلوکز محلول در آب پرداخته شده است. با توجه به بررسی نتایج مشاهده می شود که میزان غلظت ماده، زمان داده گیری و توان لیزر در بررسی طیف رامان بسیار پر اهمیت بوده و از طرفی با استفاده از این سیستم می توان میزان غلظت ماده را مورد تحلیل قرار داد.