بیست و هشتمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و چهاردهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه شهید چمران اهواز،
خوزستان، ایران.
۱۴-۱۲ بهمن ۱۴۰۰

اثر لیزر در کاهش آلودگی پسماندهای پزشکی پرتوزا

فاطمه صابر[۱]، محمد اسلامی کلانتری[۱]، محمدعلی حداد [۲و۱]، هادی سالاری[۳] و علیرضا دهقان[۴]

[۱]دانشکده فیزیک دانشگاه یزد، صفائیه، بلوار دانشگاه، یزد، صندوق پستی: ۷۴۱-۸۹۱۵۸

[۲]گروه پژوهشی فوتونیک، آزمایشگاه تحقیقاتی بیناب‌نگاری لیزری، دانشگاه یزد، صفائیه، بلوار دانشگاه، یزد، صندوق پستی: ۷۴۱-۸۹۱۵۸

[۳] یزد، بلوار طالقانی، کوچه حنا، مرکز پزشکی هسته‌ای دکتر سالاری

[۴] تهران، میدان ونک، خیابان ملاصدرا، خیابان پردیس، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

fatemehsaber۱۹۹۶@gmail.com, meslami@yazd.ac.ir, mahaddad@yazd.ac.ir, Salaryhady@gmail.com, a.dehghan.t@email.kntu.ac.ir

چکیده - امروزه اندازه‌گیری غلظت هورمون‌ها و مولکول‌ها اهمیت بالایی در تشخیص و درمان دارد. از جمله روش‌های مورد استفاده برای سنجش غلظت مواد، روش سنجش‌های نشاندار است که به علت ایجاد پسماند پرتوزا استفاده از این روش کاهش یافته است. با توجه به استفاده گسترده از لیزر در رفع آلودگی از سطوح در این پژوهش نیز برای اولین بار به بررسی اثر لیزر در کاهش و رفع آلودگی پرتوزای لوله‌های آزمایش سنجش‌های نشاندار پرتوزا پرداخته شد. تابش‌دهی به وسیله لیزر Nd:YAG انجام گرفت که نتایج کاهش آلودگی ۲۵ درصدی را نشان می‌دهد.

کلید واژه- آلودگی، پرتوزا، سنجش نشان‌دار پرتوزا، لیزر

The effect of laser to reduce the contamination of radioactive medical waste

Fatemeh Saber[۱], Mohammad Eslami-Kalantari[۱], MohammadAli Haddad[۱،۲], Hadi Salari[۳] Alireza Dehghan[۴]

[۱]Department of Physics, Yazd University, Yazd, Iran, PO Box ۸۹۱۹۵-۷۴۱.

[۲] Photonic Research Group, Laser Spectroscopy Research Laboratory, Yazd University, Yazd, Iran, PO Box ۸۹۱۹۵-۷۴۱

[۳]Yazd, Taleghani Blvd., Hana Alley, Dr. Salari Nuclear Medical Center

[۴]Faculty of Mechanical Engineering, Pardis St., Mulla Sadra St., Vanak Sq., K.N. Toosi University of Technology,Tehran

fatemehsaber۱۹۹۶@gmail.com, meslami@yazd.ac.ir, mahaddad@yazd.ac.ir, Salaryhady@gmail.com, a.dehghan.t@email.kntu.ac.ir

Abstract - The method of measuring hormone and molecular components concentrations is important in today's diagnosis and treatment. The method of labeled assays, which has been reduced due to the generation of radioactive waste, is one of the methods used to measure the concentration of materials. Due to the widespread use of lasers for surface decontamination, this study investigated the effect of lasers on reducing and eliminating radioactive contamination in test tubes containing labeled assays for the first time. The pulsed Nd:YAG laser was used to irradiate the area, resulting in a ۲۵٪ reduction in pollution.

Keywords: Contamination, Laser, Radioimmunoassay, Radioactive.

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

مقدمه

امروزه از مواد پرتوزا بطور گسترده‌ای در صنعت، پزشکی و کشاورزی استفاده می‌شود. در تمامی این فعالیت‌ها پسماندهای پرتوزا تولید می‌شود. به منظور جلوگیری از آسیب‌های بیولوژیکی، رادیولوژی، شیمیایی و فیزیکی مواد پرتوزا، پسماندهای ناشی از آن‌ها باید از لحظه تولید تا امحاء، با توجه به ملاحظات سیاسی، اقتصادی و محیط زیستی مدیریت شوند.

پسماندهای مواد پرتوزا بر حسب میزان اکتیویته به سه دسته تقسیم بندی می‌شوند:

- پسماند با اکتیویته پایین (LLW[۱])
- پسماند با اکتیویته متوسط (MLW[۲])
- پسماند با اکتیویته بالا (HLW[۳])

رادیوایزوتوپ‌ها و عناصر پرتوزای مورد استفاده در زمینه تشخیص و درمان پزشکی در دسته مواد پرتوزا با اکتیویته پایین قرار می‌گیرند. برخی از پسماندهای جامد آلوده به مواد پرتوزا با سطح فعالیت پایین پس از جمع‌آوری و اندازه‌گیری میزان آلودگی، تفکیک و فشرده سازی[۴] یا سوزانده می‌شوند تا میزان آلودگی به حداقل برسد اما برخی از مواد جامد قابل سوزاندن نیستند و باید در محفظه‌های مخصوصی در انبارهای پسماندای هسته‌ای نگهداری[۵] شوند.

انواع متداول پسماندهای جامد پرتوزا، لوله‌های پلاستیکی، کاغذ، دستکش، لباس، ظروف شیشه‌ای آزمایشگاهی و... هستند که در طول فرآیند تشخیص و درمان تولید می‌شوند.

از جمله مراکز تولید پسماندهای هسته‌ای، مراکز پزشکی هسته‌ای می‌باشند که با بهره‌گیری از روش تشخیص سنجش نشان‌دار پرتوزا (RIA[۶]) با مشکل امحاء پسماندهای پرتوزا روبرو هستند.

سنجش نشان‌دار پرتوزا یک روش ایمنی است که از مولکول‌های نشاندار شده با مواد پرتوزا در شکل‌گیری مرحله‌ای مجتمع‌های ایمنی استفاده می‌کند. RIA یک روش سنجش آزمایشگاهی بسیار حساس است که برای اندازه‌گیری غلظت مواد استفاده می‌شود، معمولاً غلظت آنتی‌ژن (به عنوان مثال، میزان هورمون در خون) با استفاده از آنتی‌بادی‌ها اندازه‌گیری می‌شود.

از جمله راه‌های اندازگیری آنتی‌ژن استفاده از لوله‌هایی است که آنتی‌بادی اختصاصی ضد آنتی‌ژن مورد نظر (که قصد اندازه‌گیری آن را داریم) به سطح جامد (برای مثال دیواره لوله پلاستیکی) متصل شده است؛ بنابراین به جداره‌ی این لوله‌ها تعدادی آنتی‌بادی اختصاصی ضد مولکول مورد نظر متصل شده است. برای اندازه‌گیری آنتی‌ژن، مقدار ثابتی از نمونه و آنتی‌ژن نشان‌دار را به لوله اضافه کرده بعد از مدتی محتوی لوله تخلیه و داخل آن شست‌وشو می‌شود. سپس میزان رادیواکتیویته متصل شده به داخل لوله را با قراردادن لوله در داخل دستگاه شمارنده تعیین می‌گردد.

عناصر تولیدکننده سیگنال در سنجش‌های ایمنی شامل عناصر پرتوزا (عمدتا ید ۱۲۵، ترتیوم و کربن۱۴) است. استفاده از عناصر رادیواکتیو سنجش‌های بسیار حساس و کاملاً دقیقی را ارائه می‌دهد، با این حال، برخی اشکالاتی نیز دارند به عنوان مثال امحاء پسماندهای به جا مانده پس از انجام آزمایشات که سبب ایجاد خطرات پرتوگیری و زیست محیطی می‌شود.

در این مقاله به دنبال به روشی پرداخته شده است که بتوان میزان این آلودگی یا مدت زمان پسماندای را کاهش داد.

---

[۱] Low Level Wastes
[۲] Intermediate Level Waste
[۳] High Level Wastes
[۴] Compaction
[۵] Storage
[۶] radioimmunoassay

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

با توجه به خواص لیزر در رفع آلودگی از سطوح به بررسی اثر دو نوع لیزربا طول موج‌ها و اندازه زمانی طول پالس متفاوت در کاهش آلودگی لوله‌های آلوده به ماده پرتوزای I^{125} پرداختیم [۱].

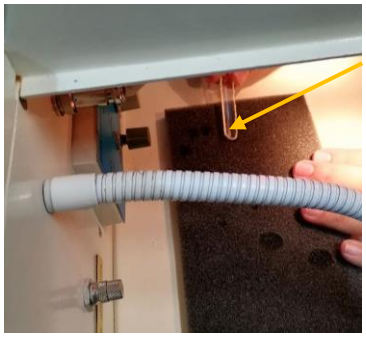
روش و مواد

روش پاکسازی لیزری در چندین سال اخیر تحولات عظیمی در روش‌های حفاظت و نگهداری به وجود آورده است که با مضرات و فرسایش کمتر و قابلیت کنترل بیشتر همراه بوده است. باریکه لیزری یک منبع نوری بسیار متراکم با ویژگی مونوکروماتیک[۷] (تک طول موج) در اختیار قرار می‌دهد. وقتی پرتو لیزر به سطح اصابت می‌کند بخشی از نور آن منعکس و مابقی جذب می‌شود. در این حالت بخشی از انرژی جذب شده به گرما یا نوسانات مولکولی تبدیل می‌شود که به طول موج لیزر و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی سطح بستگی دارد. میزان جذب لیزر عامل اصلی در پاکسازی است. به طور کلی انرژی جذب شده به دو صورت فیزیکی و شیمیایی موجب زدودن مواد از سطح می‌گردد. در صورتی که انرژی جذب شده از سطح انرژی پیوندهای بین مولکول‌ها بیشتر باشد، پیوندها شکسته شده و ماده مورد نظر به طور شیمیایی زدوده می‌شود. در شیوه فیزیکی، انبساط سریع و شدید و یا ذوب و تبخیر موجب پاکسازی سطح می‌شود [۲].

یکی از لیزرهای پالسی که برای تمیزکاری سطوح استفاده می‌شود لیزر Nd:YAG است. لیزرهایNd:YAG معمولاً از نور با طول موج ۱۰۶۴ نانومتر درمحدوده نور مادون قرمز ساطع می‌شوند. از لیزر Nd:YAG برای از بین بردن آلودگی‌ها از سنگ، از جمله سنگ مرمر و سنگ آهک استفاده شده‌اند. مهم‌ترین مزیت این روش این است که تمیزکردن سطح موجب آسیب به مواد زیرین نمی‌شود. از آنجا که تمیز کردن لیزر می‌تواند به روش انتخابی و بسیار دقیق و بدون اعمال فشار مکانیکی و یا نیاز به مواد شیمیایی انجام شود، این امکان را برای حفظ بهتر جزئیات سطح اشیاء فلزی شکننده فراهم می‌آورد [۳،۴].

جهت بررسی اثر لیزر در میزان کاهش آلودگی لوله‌های سنجش‌های نشاندار ابتدا میزان آلودگی نمونه‌های مورد نظر توسط شمارنده گاما شمارش، سپس به منظور پاکسازی نمونه از پروتئین‌هایی که اتصال شیمیایی با سطح ندارند نمونه، توسط محلول بافری شست‌وشو و مجدد میزان آلودگی توسط شمارنده گاما ثبت گردید. لوله‌ها برای تابش‌دهی به سطح داخلی آنها، به دو قسمت تقسیم و هر قسمت مجدد از نظر میزان آلودگی مورد ارزیابی قرار گرفت.

تابش‌دهی توسط لیزر پالسی Nd:YAG با طول موج ۱۰۶۴ نانومتر با انرژی هر پالس mJ ۱/۲ اما با طول زمانی پالس متفاوت ۵ و ۱ میلی ثانیه و برای هر یک از نمونه‌ها با تعداد ۱۰، ۲۰ و ۳۰ پالس با نرخ تکرار Hz ۱ مطابق شکل ۱ انجام شد. سعی شد تا قطر پرتو بر محل تابش‌دهی با تنظیم فاصله نمونه از لیزر ثابت باقی بماند. پس از انجام تابش‌دهی یک مرحله شست و شو روی نمونه انجام و میزان کاهش آلودگی توسط شمارنده گاما در مدت زمان ۱۲ ثانیه مورد بررسی قرار گرفت.



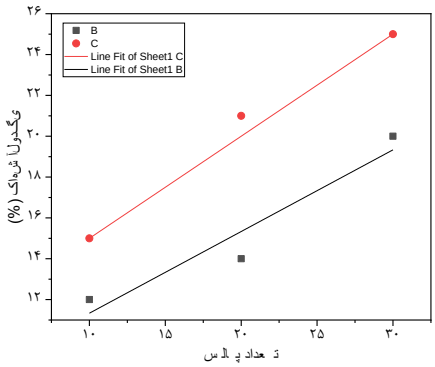
شکل ۱: نحوه تابش‌دهی نمونه با لیزر Nd:YAG

[۷] Monochromatic

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

نتایج

شکل (۲) میزان تغییرات آلودگی نمونه‌های بر حسب تغییرات تعداد پالس لیزری را برای دو پرتو با طول زمانی پالس های متفاوت را نشان می‌دهد. میزان کاهش آلودگی لوله‌های آلوده به عناصر پرتوزا پس از تابش‌دهی با لیزر به وضوح در شکل (۲) مشاهده می شود. نمودار B و C درصد کاهش آلودگی بر حسب تعداد پالس لیزر و به ترتیب برای پالس‌هایی ۵ و ۱ میلی‌ثانیه را نشان می دهد.



شکل ۲: میزان کاهش آلودگی بر حسب تعداد پالس لیزر (B) لیزر Nd:YAG با طول پالس۵میلی‌ثانیه (C) لیزر پالسی با طول پالس ۱میلی‌ثانیه

با توجه به شکل (۲) میزان کاهش آلودگی با استفاده از تابش لیزر Nd:YAG با پالس‌هایی با پهنای زمانی ۱ میلی‌ثانیه بیشتر از زمانی است که از با پالس‌هایی با پهنای زمانی ۵ میلی‌ثانیه استفاده شده‌است. در تابش‌دهی با لیزر Nd:YAG با پالس‌هایی با پهنای زمانی ۱ میلی‌ثانیه، تابش ۳۰ پالس لیزر به سطح لوله آلوده، شاهد کاهش آلودگی ۲۵ درصدی بوده‌ایم. همچنین میزان کاهش آلودگی زمانی که از لیزر با پالس‌هایی با پهنای زمانی ۵ میلی‌ثانیه استفاده می‌شد با تابش ۳۰ پالس لیزری به سطح، ۲۰ درصد بدست آمده است. این مطالعه اولیه همانگونه که پیش‌بینی شده است، نشان می‌دهد که هرچه طول پالس لیزر کوتاه‌تر باشد عملیات جداسازی آلودگی بهتر انجام می‌گیرد. مشاهده این نتیجه تجربی به افزایش توان میانگین تابش‌دهی برای پالس‌هایی با پهنای زمانی کمتر مرتبط است. نتایج اولیه استفاده از لیزر در این پژوهش، انجام مطالعات تجربی با استفاده از لیزرهایی با طول موج متفاوت و نیز پهنای زمانی پالس کوتاه تر را پیشنهاد می‌کند همچنین تغیر زاویه تابش لیزر با سطح، افزایش شدت و قطر پرتوی لیزر (افزایش فاصله شی از لیزر یا االستفاده از عدسی) نیز می‌تواند سبب شود تا میزان کاهش آلودگی بیشتری در مقایسه با این پژوهش حاصل شود.

مرجع‌ها

[۱] E. A. Vare, , G. Ptacek, *Patently Female: from AZT to TV dinners, stories of women inventors and their breakthrough ideas*. John Wiley & Sons, ۲۰۰۲.

[۲] S. Lee, F. D. Talavera, & Meyers, A. D. Lasers, general principles and physics. *Medicine. Com. Inc*, ۱-۷. ۲۰۰۸.

[۳] J. M. Lee, K. G. Watkins, and W. M. Steen. "In-process chromatic monitoring in the laser cleaning of marble." *Journal of Laser Applications* ۱۳,۱ , ۱۹-۲۵. ۲۰۰۱.

[٤] F. Fekrsanati, J. Hildenhagen, K. Dickmann, P. Mottner, & U. Drewello. "Feasibility studies on applying UV-lasers for the removal of superficial deposits from historic glass." *Studies in conservation* ٤٦,۳ , ۱۹٦-۲۱۰. ۲۰۰۱.

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