لیزر در پزشکی؛ ۱۳۹۶، دورهٔ ۱۴، شمارهٔ ٤، صفحات: ۳۷-۳۴ .

مقاله آموزشی

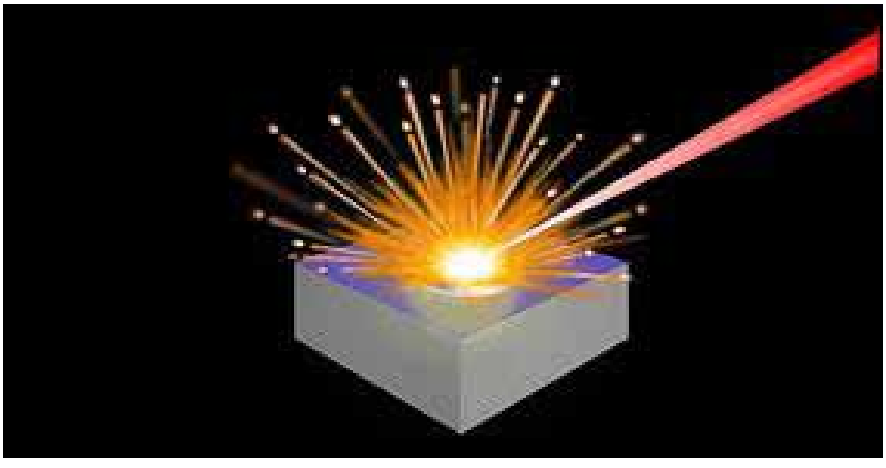
اهمیت خطرات غیرپرتوی در لیزرهای پزشکی

فاطمه ویسی [۱]
شهریار ابوالحسینی [۲]

مقدمه

در استفاده از سامانه‌های لیزری علاوه‌بر وجود خطرات مرتبط با نور باریکهٔ لیزر، خطراتی نیز وجود دارند که ناشی از روند تولید نور لیزر و یا نحوهٔ استفاده از لیزر است. این‌گونه خطرات تحت‌عنوان خطرات غیرپرتوی باریکهٔ لیزر شناخته می‌شوند. وجود پرتوهای یون‌ساز، آلودگی صوتی، خطرات الکتریکی، پلاسما و تولید آلاینده‌های شیمیایی از عمده خطرات غیرپرتوی یک سامانهٔ لیزری است. لذا در زمان کار با لیزر، علاوه‌بر رعایت نکات حفاظتی در برابر نور لیزر، ضروری‌است که به خطرات غیرپرتویی نیز توجه لازم بشود[۱].

برش لیزری یک فرآیند صنعتی درحال رشد و دارای محبوبیت است. مزایای آن به‌خوبی شناخته‌شده‌است این مزایا عبارت‌انداز: افزایش بهره‌وری تولید، هزینه‌های مصرفی پایین‌تر و هزینه‌های کار مستقیم کمتر. بااین‌حال، برش لیزری تولید مقدار جدی از انواع گردوغبار و بخارات حاصل از برش قطعه را به‌همراه دارد (شکل۱).



شکل۱: برخورد لیزر با ماده
در محیط تولید، بهبود کیفیت هوا باید از اولویت بالایی برخوردار باشد. گردوغبار می‌تواند برای سلامت کارگران بسیار مضر باشد.

۱. *کارشناس آزمایشگاه، پژوهشکدهٔ فوتونیک و فن‌آوری‌های کوانتومی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، تهران، ایران*

۲. *مسئول فیزیک بهداشت، پژوهشکدهٔ فوتونیک و فن‌آوری‌های کوانتومی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، تهران، ایران*

نویسندهٔ مسئول: شهریار ابوالحسینی، تلفن: ۰۲۱۸۲۰۶۲۵۷۵
پست الکترونیک: **sabolhosseini@aeoi.org.ir**

[Downloaded from icml.ir on 2026-05-28]

روش بررسی

آلاینده‌های شیمیایی

فلز واژه‌ای عمومی است که به عناصری با ظاهر درخشان و رسانایی خوب حرارتی و جریان الکتریسیته اطلاق می‌شود. فلزات معمولاً در واکنش‌های شیمیایی به‌عنوان یون‌های مثبت (کاتیون) شرکت می‌کنند. بروز مسمومیت به‌واسطهٔ استفاده از فلزات سابقه‌ای طولانی دارد. سمیت فلزات در مقایسه با سمیت آلاینده‌های دیگر منحصربه‌فرد است زیرا فلزات تنها آلاینده‌های موجود در طبیعت هستند که به‌وجود نمی‌آیند و از بین هم نمی‌روند. تعدادی از فلزات همانند منگنز، کروم، کبالت و سلنیوم که در عرصهٔ شغلی، سمی درنظر گرفته می‌شوند، برای برخی فرآیندهای متابولیک ضروری هستند. آزمایش‌ها برروی حیوانات مشخص کرده است که سرب و حتی کادمیوم درحد بسیار کم می‌توانند ضروری باشند. فلزات مفید هم در مقادیر زیاد اعمال سمیت می‌کنند. فلزات مفید اگر از حد معمول کمتر شوند، نشانه‌ها و علائم ویژه‌ای ناشی از عدم وجود آن‌ها بروز می‌کند. مکانیسم‌های بسیار پیچیده‌ای در داخل بدن به‌کار گرفته می‌شوند تا مقدار فلزات را در داخل بدن در حد خاصی ثابت نگاه‌دارند.

اثرات معمولی سمی فلزات

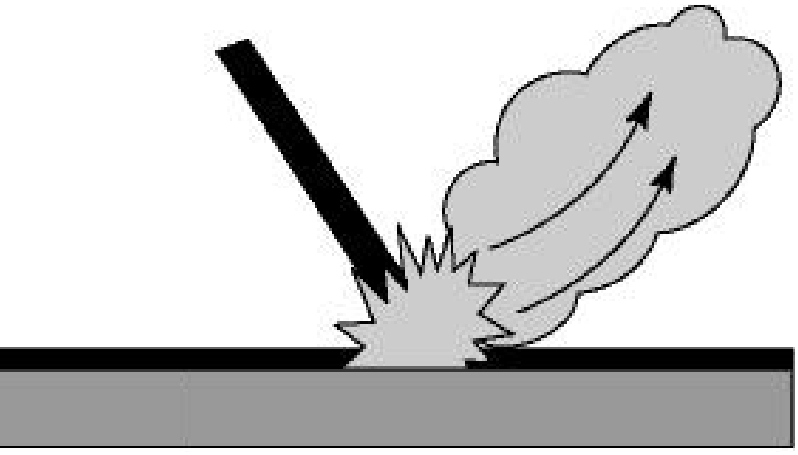
در مسمومیت حاد با یک فلز اندام‌هایی که فلز در آن‌ها تجمع بیشتری داشته‌است، متأثر می‌شوند اما در مسمومیت مزمن ممکن است اندام‌هایی که در ارتباط با جذب و دفع نیستند نیز متأثر شوند. تقریباً تمامی فلزات هردو دسته علائم مزمن و حاد را خواهند داشت و این اثرات با یکدیگر متفاوت خواهند بود.

سمیت هر فلز به عوامل مختلفی بستگی دارد. راه ورود فلزات به بدن، اندازهٔ ذره، ساختار شیمیایی فعل‌وانفعالات با سایر فلزات و جایگاه هر فلز در جدول تناوبی مشخص‌کنندهٔ بسیاری از رفتارهای فلز در سیالات بیولوژیک خواهد بود. معمولاً جذب فلزات از راه ریه مؤثرتر از راه گوارش است. ۴۰ درصد از آئروسل‌های فلزی استنشاق‌شده در ریه‌ها به دام می‌افتند. ۱۰ درصد در روده‌ها جذب می‌شوند. ابعاد ذرات از فاکتورهای مهم و مؤثر در جذب ریوی فلزات است.

فلزات از راه‌های مختلف وارد بدن می‌شوند که مهم‌ترین آن‌ها استنشاق، تماس پوستی و راه خوراکی است. برخی ترکیبات به‌طور مستقیم بر روی مخاط تنفسی اثر می‌کنند و موجب تحریک بافت تنفسی می‌شوند. برخی ممکن است پس از جذب از راه ریه‌ها موجب بروز مسمومیت گردند. به‌طورکلی ترکیبات آلی فلزات به‌علت قدرت حلالیت زیاد در چربی، به‌راحتی از طریق پوست جذب می‌شوند. تماس پوست با اکثر فلزات همچنین می‌تواند موجب تحریک موضعی شود. افراد ممکن است به‌طور تصادفی از طریق آلوده شدن غذا و یا آب آشامیدنی به فلزات، مسموم شوند. گاهی اوقات ترکیبات فلزی به‌طور موضعی موجب تحریک مخاط گوارش می‌شوند یا پس از جذب از طریق رودهٔ کوچک آثار سمی خود را اعمال می‌نمایند.

فلزات ممکن است به‌صورت گردوغبار و دمه‌های فلزی وارد ریه شوند. شدت این آثار در دستگاه تنفس به عواملی همچون خواص فیزیکی و شیمیایی و طول مدت تماس بستگی دارد.

به‌هنگام برخورد نور لیزر با ماده چهار رخداد بازتاب، عبور، جذب و پراکندگی روی می‌دهد. بازتاب و پراکندگی نور لیزر از سطح ماده باعث ایجاد خطرات پرتوی لیزر می‌شوند. ولی در اثر جذب نور لیزر توسط ماده و برهمکنش با لیزر، باتوجه به نوع برهمکنش و یا مقدار حرارت تولیدشده، بخشی از ماده دچار ذوب، بخار و یا تصعید می‌شود(شکل۲). در برخورد نور لیزر کلاس ۳ ب و ۴ با ماده این عمل رخ می‌دهد و باتوجه به نوع ترکیب و ساختار شیمیایی مادهٔ هدف، گاز اطراف و میزان توان یا انرژی لیزر، آلاینده‌های شیمیایی وارد محیط می‌شوند[۲و۳].



شکل۲: ایجاد بخار شیمیایی توسط لیزر

مشخص‌شده است که آلودگی‌ها ازجمله طیف گسترده‌ای از ترکیبات جدید می‌توانند با بسیاری از انواع لیزر تولید شوند. هنگامی‌که شدت تابشی حدود^{۱۷}۱۰ وات بر سانتی‌متر مربع به موادی مانند پلاستیک، کائوچو و مواد مرکب، فلزات و بافت بتابد، ممکن است که آلایندهٔ تولیدشدهٔ سمی و مضر باعث آلودگی هوا شود. میزان این آلایندگی به توان و انرژی لیزر بستگی دارد. در لیزرهای صنعتی که از تابش باریکهٔ لیزر و برخورد آن با انواع ماده جهت برش، جوش و یا حکاکی استفاده می‌شود، این عوامل به‌طور مشهود وجود دارد(شکل۳). برخی‌از این آلاینده‌ها به‌قرار زیر هستند[۴].

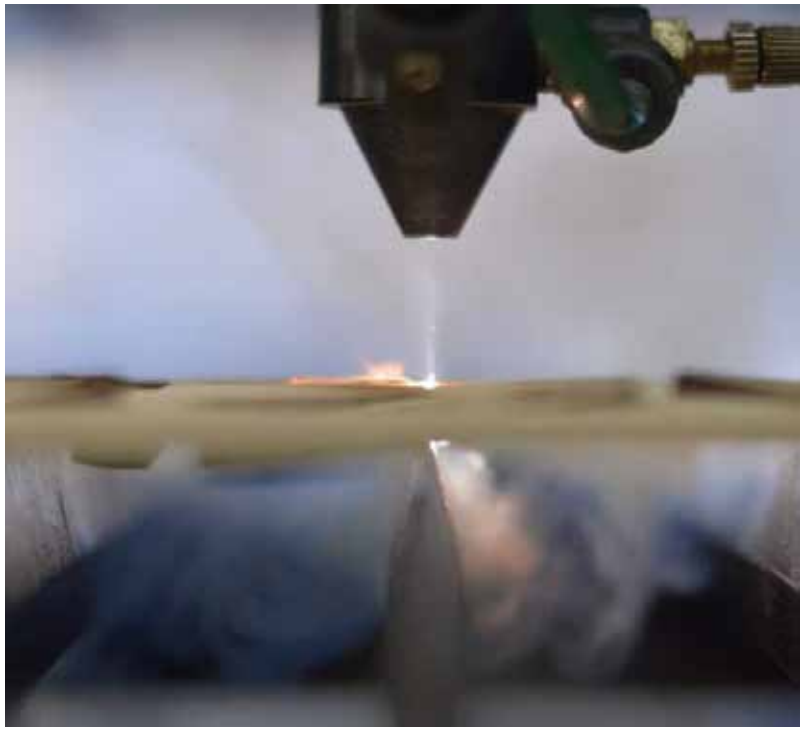
- هیدروکربن‌های آروماتیک ناشی از سوختن پلیمرهای نوع پلی متیل متا اکریلات

- سیانید هیدروژن و بنزن ناشی از برش الیاف پلی آمید آروماتیک

[Downloaded from icml.ir on 2026-05-28]

- فلزات سنگین ناشی از بنزن ناشی از برش پی‌وی‌سی

قرارگیری در معرض این آلاینده‌ها باید کنترل شود و برای کاهش مواجهه تا کمتر از حد قابل‌قبول می‌توان از برگهٔ اطلاعات ایمنی ماده[1] استفاده نمود.



شکل۳: تولید بخار فلزی به‌هنگام برش لیزری

امروزه، آلومینیوم و آهن بیشترین کاربرد را درصنعت دارند. ازاین‌رو جهت برش، جوش و حکاکی برروی آن‌ها از لیزر نیز استفاده می‌گردد[۴].

ذرات و بخارات آلومینیوم ازطریق مجاری تنفسی، گوارشی و تماس جلدی جذب و در بیشتر بافت‌های بدن توزیع می‌شوند و عمدتاً در کبد، کلیه و پانکراس ذخیره می‌گردند. آلومینیوم می‌تواند باعث نارسایی کبد و کلیه و همچنین با تجمع در بافت استخوانی باعث اختلالات سلولی و کاهش فعالیت مغز استخوان شود. مسمومیت با آلومینیوم، آلومینازیس نامیده می‌شود و ازطریق خوراکی، استنشاقی و جلدی صورت می‌گیرد. استنشاق مقادیر زیاد گردوغبار آلومینیوم ایجاد اختلالات تنفسی می‌نماید.

آهن، پرمصرف‌ترین فلز صنعتی است. بخارات و ذرات آهن از راه تنفس، پوست و گوارش جذب می‌شود و توزیع آن بیشتر در بافت‌های بدن ازجمله کبد، کلیه و مغز استخوان صورت می‌گیرد و عمدتاً از طریق کلیه‌ها دفع می‌شود.

به‌طورکلی، سه اقدام پیشگیرانهٔ عادی وجود دارد: تهویه، دستگاه تنفسی و منزوی نمودن فرآیند. کنترل مهندسی به‌عنوان معیار اصلی کنترل جهت حفاظت تنفس از اولویت برخوردار است. استفاده از هود جهت کنترل آلودگی، طراحی و راه‌اندازی سیستم خروج گاز مانند سیستم تهویهٔ استفاده از هود ازجمله اقدامات کنترل مهندسی است[۲و۴]. منزوی نمودن محل انجام فرآیند، انجام فرآیند در محل حفاظت‌شده و در زیر هود و ایجاد فاصله برای حضور کاربر این امر به‌ویژه لیزر برای جوشکاری یا برش از اهداف مانند پلاستیک، مواد بیولوژیکی، فلزات پوشش داده‌شده و بسترهای کامپوزیت مفید است.

مؤثرترین ابزار کاهش غلظت آلاینده‌ها به‌کارگیری تهویه و سیستم‌های مناسب تصفیه هوا است. طراحی سامانه به‌منظور جذب هوای آلودهٔ ناشی از یک فرآیند لیزر ازطریق یک محفظه یا هود در محل لیزر که این امر موجب تمیزی هوا می‌گردد.

کنترل آلاینده‌ها با اقدامات پیشگیرانهٔ زیر امکان‌پذیر است:

- اصلاح روند جهت تولید آلایندهٔ کمتر
- محدود کردن تعداد کاربران حاضر در محل آلوده
- محدود کردن زمان حضور کاربر در محل
- ممنوعیت خوردن و آشامیدن در محل فرآیند
- ارائهٔ آموزش حفاظت‌های تنفسی
- حصول اطمینان از کارکنان با استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مناسب و مؤثر
- پیاده‌سازی برنامهٔ تعمیر و نگهداری پیشگیرانه برای سامانه‌های تهویه

در کاربردهای پزشکی بافت و غدد، تحت تابش لیزر قرار می‌گیرند. بافت با جذب انرژی گرمایی نور لیزر تبخیر می‌گردد و بخارات حاصله وارد محیط خواهند شد(شکل ۴).

لیزرهایی که جهت رفع موهای زائد استفاده می‌گردند، با سوزاندن مو، باعث ازبین‌رفتن آن می‌شوند(شکل۵). دود و بخارات حاصل‌از این سوزاندن وارد محیط کار می‌شود.

در استفاده از لیزرهای پزشکی در عمل‌های جراحی احتمال تولید آلاینده‌های عفونی مانند باکتری و ویروس وجود دارد که برای جلوگیری از استنشاق آن توصیه می‌شود استفاده از فیلتراسیون بالا (۰/۱میکرون)، ماسک همراه و نیز سیستم تخلیهٔ هوا باراندمان بالا استفاده شود.

نتیجه‌گیری

استفاده از لیزر در کارهای صنعتی و پزشکی علاوه‌بر فایده‌های بسیاری که دارد، به‌علت انجام برهمکنش‌های لیزر با ماده و تولید بخارات و گرد و غبار فلزی دارای ضررهایی است که بایستی مورد توجه قرار گیرد. تهویهٔ مناسب و استفاده از ماسک مناسب و استاندارد ساده‌ترین راه حل است.

۱. **MSDS: Material Safety Data Sheet**

[Downloaded from icml.ir on 2026-05-28]

شکل۴: استفاده از لیزر در جراحی

شکل۴: استفاده از لیزر در جراحی

References:

1. IEC 60825-4, ed. 2.2, 2011.

2. Roy, Henderson, Laser safety, IOP Publishing, 2004.

3. Ken, Barat, Laser Safety Management, CRC Press, 2006.

۴. حاجی قاسمخان، علیرضا. سم شناسی صنعتی، صفحات ۹۹ الی ۱۵۷، انتشارات برای فردا، ۱۳۸۶، چاپ اول.

[Downloaded from icml.ir on 2026-05-28]