

میله‌هایی که نور تولید می‌کنند



حسن حذرخانی

استادیار گروه شیمی دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی

معصومه شاه‌محمدی اردبیلی

کارشناس گروه شیمی دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی

اشاره

میله‌های نوری کاربردهای گسترده‌ای در غواصی، ماهیگیری در شب و شنای تفریحی دارند. این کاربردها از ویژگی ضدآب بودن میله‌های یاد شده نتیجه می‌شود. فرایند تولید نور ناشی از انجام واکنشی شیمیایی، درون میلۀ نوری است. این مقاله به ساختار و عملکرد میله‌های نوری می‌پردازد.

مقدمه

واکنش‌های شیمیایی با مبادله انرژی همراه‌اند؛ برخی گرماده و برخی دیگر، گرماگیرند. در برخی واکنش‌های شیمیایی یا فرایندهای فیزیکی، انرژی ذخیره شده در مواد به شکل نور آزاد می‌شود. از سوی دیگر برخی از مواد شیمیایی، الکترون‌های آزاد یا مزدوج دارند. این الکترون‌ها می‌توانند با جذب گرما (انرژی) برانگیخته شوند و به مدارهای بالاتر بروند. سپس در اثر برگشتن به مدارهای قبلی خود، انرژی گرفته شده را به شکل نور از دست می‌دهند. این مواد به مواد نورتاب^۱ معروف‌اند. دانشمندان با بهره‌گیری از این دو واقعیت توانسته‌اند آزمایش‌هایی را طراحی کنند که مدتی پس از آغاز واکنش، نور تولید می‌کنند. در واقع در این آزمایش‌ها، یکی از واکنش‌ها گرما آزاد می‌کند و گرمای آزاد شده از آن، سبب برانگیخته شدن یک ماده نورتاب می‌شود. سپس این ماده، گرمای جذب شده را به شکل نور از دست می‌دهد. در نتیجه، مخلوط آزمایش نورانی می‌شود.

کلیدواژه‌ها: نورتابی شیمیایی، میلۀ نوری، واکنش شیمیایی، ماده رنگی

میل‌های نوری

میل‌های نوری^۲ وسایلی هستند که بر پایهٔ چنین آزمایش‌هایی طراحی و ساخته شدند. میلۀ نوری لوله‌ای پلاستیکی است که یک کپسول شیشه‌ای درون آن قرار دارد. برای فعال کردن یک میلۀ نوری، کافی است میلۀ پلاستیکی را خم کنید. این کار باعث شکستن کپسول شیشه‌ای می‌شود. در نتیجه مواد شیمیایی داخل کپسول شیشه‌ای با مواد شیمیایی موجود در لوله پلاستیکی ترکیب می‌شوند. از تماس این مواد با یکدیگر واکنشی شیمیایی انجام می‌گیرد، نور تولید می‌شود و میلۀ می‌درخشد. با اینکه این واکنش با تولید گرما همراه است اما ظرف واکنش گرم نمی‌شود، زیرا گرمای تولید شده توسط مادهٔ نورتاب جذب می‌شود از این رو، نور تولید شده به نور سرد نیز معروف است.

به‌طور معمول هر میلۀ نوری دارای سه ماده شیمیایی است. دو تا از آن‌ها با یکدیگر واکنش گرما ده انجام می‌دهند و یکی از آن‌ها ماده‌ای نورتاب است. دو ماده شیمیایی اول معمولاً هیدروژن پراکسید و دی فنیل اگسالات‌اند. ماده نورتاب هم یک ترکیب پلی آن حلقوی یا آرنی است. البته مواد نورتاب گوناگونی وجود دارند که بسته به ساختار و تعداد پیوندهای دوگانه یا سه‌گانه مزدوج، رنگ‌های گوناگونی تولید می‌کنند. بنابراین در میل‌های نوری، ماده نورتاب با توجه به رنگ دلخواه، انتخاب می‌شود.

هنگامی که فنیل اگسالات با هیدروژن پراکسید مخلوط می‌شود، ابتدا یک واکنش اکسایش و کاهش رخ می‌دهد و فنیل اگسالات به یک پراکسی استر تبدیل می‌شود که ناپایدار است. در نتیجه با آزاد کردن گرما، فنول و پراکسی اگسالات حلقوی (دی اکستان‌دی‌اون) تجزیه می‌شوند. گرمای حاصل از این واکنش تجزیه، انرژی لازم برای انتقال الکترون‌های ماده نورتاب را به تراز بالاتر فراهم می‌کند.

نور + مادهٔ نورتاب → مادهٔ نورتاب در حالت برانگیخته

سینتیک واکنش در میل‌های نوری

اگر چه به ظاهر، در این وسایل و واکنش‌های انجام شده در آن‌ها، گرما آزاد نمی‌شود اما سرعت واکنش در اثر تغییر دما تغییر می‌کند. اگر یک میلۀ نوری را در محیطی سرد مانند فریزر قرار دهید، واکنش شیمیایی کند می‌شود. سرد شدن میلۀ نوری، با تولید نور کمتری همراه است اما عمر میلۀ نوری بسیار طولانی‌تر می‌شود. از سوی دیگر، اگر میلۀ نوری را در آب گرم فرو برید، واکنش شیمیایی سریع‌تر انجام می‌شود و در این شرایط بسیار روشن‌تر و درخشان‌تر به‌نظر می‌رسد اما به‌سرعت هم خاموش می‌شود. از این رو، با تنظیم غلظت این دو ماده شیمیایی، می‌توان میل‌های نوری تولید کرد که یا درخشش بیشتری برای مدت زمان کوتاهی دارند، یا با نوری خفیف‌تر برای مدت زمان طولانی‌تری می‌درخشند.

نکته‌های ایمنی

در میل‌های نوری استفاده نشده، فنیل اگسالات و هیدروژن

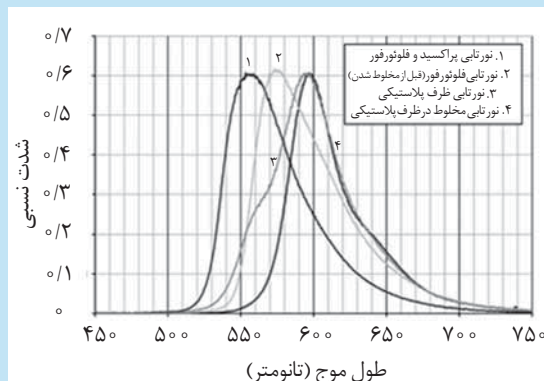
پراکسید وجود دارد و در میل‌های نوری استفاده شده، فنول به‌عنوان یک فراوردهٔ جانبی تولید می‌شود. از همین رو، تقسیم یا خرد شدن میل‌های نوری و ریختن مواد شیمیایی روی پوست، می‌تواند باعث سوزش جزئی پوست، تورم، و در شرایط شدید، موجب استفرغ شود. پس باید از خارج کردن مایع خودداری کرد، اگر به هر دلیلی مایع داخلی به درون چشم شما ریخته شد، چشمتان را بی‌درنگ با مقدار زیادی آب سرد بشویید و حتماً به پزشک مراجعه کنید.

پس از انجماد این میل‌ها، برای گرم کردن دوبارهٔ آن‌ها از دستگاه مایکروویو استفاده نکنید. این کار می‌تواند باعث ذوب شدن میلۀ روشن یا انفجار آن شود. برای باز گرم کردن میلۀ نوری یخ زده، فقط از آب گرم استفاده کنید.

طول موج و شدت نشر

پس از فعال‌سازی یک میلۀ نوری، طول موج طیف نشری تولید شده تا حدودی به سمت طول موج‌های بلندتر یا رنگ سرخ، جا به جا می‌شود.

شدت نور نیز پس از فعال‌سازی، زیاد است و با گذشت زمان به‌صورت نمایی، کاهش می‌یابد، نمودار ۱. منحنی ۱ طیف نشری یک میلۀ نوری را نشان می‌دهد که ناشی از نورتابی شیمیایی مخلوط پراکسید و فلونئورفور است. منحنی ب نورتابی فلونئورفور مایع موجود در کپسول شیشه‌ای قبل از مخلوط کردن است در حالی که تحت نور سفید قرار گرفته است. فلورسانس ظرف پلاستیکی بیرونی میلۀ نوری نارنجی در زیر نور سفید با منحنی ت نشان داده شده است. این طرح نشان می‌دهد که نور حاصل از یک میلۀ نوری نارنجی توسط نشر یک نور زرد مایل به سبز - که تا اندازه‌ای تحت القای فلورسانس در ظرف پلاستیکی نارنجی رنگ قرار گرفته است - ایجاد می‌شود.

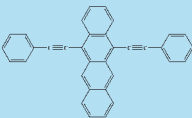
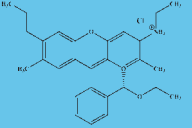
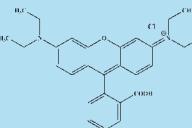
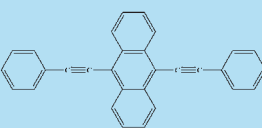
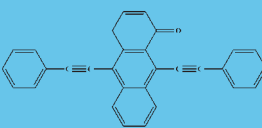
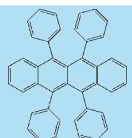


نمودار ۱

طول عمر میل‌های نوری

میل‌های نوری در اندازه‌های مختلف تولید می‌شوند. طول مدت تابش به اندازه میلۀ وابسته است. یک میلۀ نوری کوچک و کوتاه به اندازه ۴ تا ۷/۵ سانتی‌متر می‌تواند برای ۲ تا ۴ ساعت بدرخشد. میل‌های نوری بزرگ که دارای مواد تابشی خیلی بیشتری هستند می‌توانند به مدت طولانی‌تر، حتی تا ۱۲ ساعت



رنگ	نام شیمیایی ماده	ساختار شیمیایی
آبی	۹ و ۱۰ - دی فنیل آنتراسن	
سبز	۹ و ۱۰ - بیس (فنیل اتینیل) آنتراسن	
زرد	۱. کلو - ۹ و ۱۰ - بیس (فنیل اتینیل) آنتراسن	
زرد	روبرن	
نارنجی	۵ و ۱۲ - بیس (فنیل اتینیل) نفتاسن	
نارنجی	رودامین ۶G	
سرخ	رودامین B	

جدول ۱

عبارت‌اند از: سبز، زرد، آبی، نارنجی، آبی، صورتی، سفید، سرخ.

نوری با شرایط نگهداری درست، ۳ تا ۵ سال است. اندازه میله نوری، تعیین‌کننده طول عمر مفید آن نیز هست؛ میله‌های نوری کوچک‌تر معمولاً دارای عمر مفید از ۱ تا ۳ سال‌اند و با طول ۱۵ سانتی‌متری و بلندتر، می‌توانند تا ۵ سال عمر کنند.

* پی‌نوشت‌ها

1. luminescence
2. glow (light) sticks

* منابع

1. karukstis, k.k.; Van Hecke, G.R. Chemistry Connections, Elsevier Science & Technology Books, 2003.
2. lightsticks in Chemical Demonstration; A Hand book for teacher of chemistry, Vol. 1, University of wisconsin press, 1983, 146.
3. www.chemistry.about.com/od/howthingsworkfaqs/a/howlightsticks.htm
4. www.glowproducts.com/glowsticks/
5. www.umich.edu/elements/web-mod/new/glowsticks/reactions.htm
6. www.shsu.edu/chm-tgc/JPPdir/JPP1999/

مواد نورتاب

موادی که به‌عنوان ماده نورتاب یا فلوئورفور به کار می‌رود به‌طور کلی به‌عنوان ترکیب رنگی یا رنگ معرفی می‌شوند. ماده رنگی معمولاً مشتقی از آنتراسن است و همین ماده است که نور نشر می‌کند. نور حاصل از هر ماده رنگی توسط ساختار مولکولی آن ماده تعیین می‌شود. فهرستی از مواد رنگی رایج و رنگ آن‌ها در جدول ۱، ارائه شده است. درخشان‌ترین رنگ‌ها به ترتیب