

دانش آزمایشگاهی ایران

سال نهم ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۴۰۰ ■ شماره پیاپی ۳۵

ISSN 2538-3450



انواع مواد فعال در سطح (تانسیواکتیو): سورفکتانت ویژگی‌ها و شناسایی

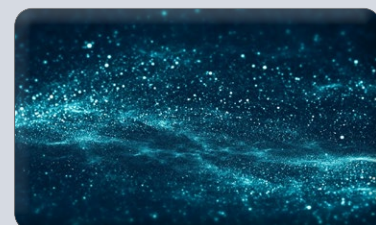
آزمایشگاه‌ها از چگونگی رشد شاخص‌ها می‌گویند



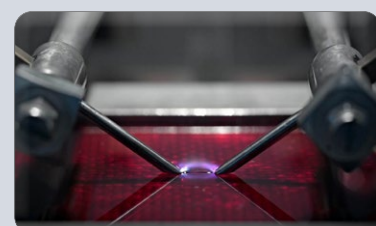
کاربرد دستگاه ردیاب چشمی در علوم شناختی



معرفی سیستم‌های اندازه‌گیری رنومتر



روش‌ها، عوامل و کاربردهای تعیین اندازه ذرات

مدیر کیفیت و نقش آن در آزمایشگاه انجام
آزمون با توجه به استاندارد ISO/IEC 17025 Certifiedانجام آزمون ترکینگ با سه روش متفاوت روی
عایق‌های الکتریکی پلیمری

نویسندگان

سحر صالحی^{۴۳*}
دریاناز فرهمند بروجنی^{۴۱}
فاطمه خاکراه^{۴۲}

*Sah.salehi@gmail.com

روش‌ها، عوامل و کاربردهای تعیین اندازه ذرات

چکیده

ویژگی‌های ذرات به ویژه کنترل اندازه ذرات بخش مهمی از تحقیق و توسعه محصول و ساخت و کنترل کیفیت مواد است. در میان ویژگی‌های ذرات، سنجش اندازه ذرات در علوم جدید نظیر فناوری زیستی و فناوری‌نانو از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. بنابراین، در این مطالعه به معرفی دستگاه و فرضیه‌های اندازه‌گیری ذرات با کمک دو روش برپایه تفرق نور پرداخته می‌شود. همچنین فرضیه‌های بنیادی در اندازه‌گیری ذرات برای درک بهتر سازوکار اندازه ذرات توضیح داده خواهد شد.

واژه‌های کلیدی

اندازه ذرات، تفرق نور پویا، پراکندگی نور استاتیک، کاربرد.

مقدمه

میکرو و نانوذرات به‌طور گسترده‌ای در علوم زیست پزشکی [۱]، صنایع فلزی، تحقیقات محیطی و انواع زیادی از نانو فناوری‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند [۲]. روش‌های پراکندگی نور استاتیک^۵ برای بیش از یک قرن در حال توسعه است. منابع تابش لیزری ارزان قیمت، مانند دیودهای لیزری، فناوری‌های پراکندگی نور را برای تحقیقات و آموزش اساسی در دسترس قرار دادند [۲]. با این وجود امروزه، تجزیه و تحلیل اشکال ذرات غیرکروی با اندازه‌های ناشناخته هنوز متداول نیست.

پراکندگی نور استاتیک (SLS) یک روش نوری در شیمی فیزیک است که شدت نور پراکنده را به‌عنوان تابعی از زاویه پراکندگی اندازه‌گیری می‌کند تا اطلاعاتی در مورد منبع پراکندگی به‌دست آورد. رایج‌ترین کاربرد، تعیین میانگین وزن مولکولی^۶ ماکرومولکول مانند پلیمر، پروتئین یا ویروس است. اندازه‌گیری شدت پراکندگی در بسیاری از زوایا امکان محاسبه شعاع مربع میانگین ریشه یا ژیراسیون^۷ و فرم و عامل ساختار را فراهم می‌کند، با اندازه‌گیری شدت پراکندگی برای یک ماکرومولکول در غلظت‌های مختلف، ضریب ویرال دوم^۸ A^2 قابل محاسبه است. برای به‌دست آوردن نتیجه مطلوب از داده‌های اندازه‌گیری شده می‌توان از روش‌های تجزیه و تحلیل ویژه مانند طرح زیم^۹ یا طرح گونیر^{۱۰} استفاده کرد. پراکندگی نور دینامیکی^{۱۱} روشی فیزیکی است که برای تعیین توزیع ذرات موجود در محلول‌ها و سوسپانسیون استفاده می‌شود. این روش غیرمخرب و سریع برای تعیین اندازه ذرات در محدوده چند نانومتر تا میکرون به کار می‌رود. پراکندگی دینامیکی نور یا آنالیز DLS قادر است ارزیابی توزیع اندازه ذرات را به‌صورت سریع، ساده و بدون نیاز به آماده‌سازی پیچیده نمونه، اجرا کند. پراکندگی نور دینامیکی که به‌عنوان همبستگی فوتونی نیز شناخته می‌شود ذرات را در محدوده $8 \text{ nm} - 0.3 \text{ nm}$ اندازه‌گیری می‌کند.

این روش به غیر از اندازه‌گیری اندازه ذرات، پتانسیل زتا و وزن مولکولی را نیز اندازه‌گیری می‌کند.

□ نظریه

ذرات با میدان الکترومغناطیسی نور در تعامل هستند و نور را در جهات مختلف پراکنده می‌کنند. رابطه بین نور پراکنده شده و تصادفی را می‌توان با معادله (۱) ارائه کرد [۳]:

$$S_{scattered}(l_v, l_h, U, V)_{4 \times 1} = F_{4 \times 4} S_{incident}(l_{v0}, l_{h0}, U_0, V_0)_{4 \times 1} / K_0^2 r^2$$

همه ۱۶ عنصر ماتریس تبدیل F ترکیبی از چهار تابع دامنه پیچیده S_1, S_2, S_3, S_4 هستند که می‌توانند با استفاده از نظریه‌های پراکنده‌گی مختلف محاسبه شوند.

□ نظریه ریلی^{۱۲}

اگر اندازه ذرات بسیار کمتر از طول موج نور باشد، تمام دو قطبی‌های اصلی ذره به‌طور منسجم منتشر می‌شوند. این مورد پراکنده‌گی به نام لرد ریلی نامگذاری شده است که وابستگی شدت نور پراکنده به طول موج را در سال ۱۸۷۱ تعیین کرد [۴].

با افزایش اندازه ذرات، گشتاورهای دو قطبی در قسمت‌های مختلف آن در مراحل مختلف شروع به تابش می‌کنند و تداخل باعث کاهش دامنه کل تابش الکترومغناطیسی می‌شود [۵]. برای پلیمرها و کمپلکس‌های پلیمری که با پراکنده‌گی نور استاتیک مشخص می‌شوند، از نوع تک پراکنده‌گی هستند، نمودار زیم روشی معمول برای استخراج عواملی مانند شعاع ژیراسیون، جرم مولکولی و ضریب ویرالی دوم است.

□ عوامل پراکنده‌گی برای ذرات با اشکال مختلف

وقتی ابعاد ذره بزرگتر از ابعادی باشد که می‌تواند به‌عنوان یک دو قطبی واحد رفتار کند، رویکرد این است که ذره را به‌عنوان مجموعه‌ای از عناصر پراکنده کوچک و بدون ساختار در نظر بگیریم. هر یک از این عناصر پراکنده‌گی باعث پراکنده‌گی ریلی مستقل از دیگر عناصر پراکنده‌گی در ذره می‌شود. تغییر فاز مربوط به هر عنصر در ذره قابل اغماض است و اختلاف فاز بین عناصر مختلف در ذره فقط با موقعیت آنها تعیین می‌شود و مستقل از ویژگی‌های ماده ذره است. پراکنده‌گی در یک جهت مشخص از همه این عناصر منجر به تداخل می‌شود زیرا موقعیت‌های مختلف این عناصر در ذره وجود دارد. برای برآورده کردن فرضیات ذکر شده، ذره علاوه بر کوچک بودن در مقایسه با طول موج نور، باید دارای ضریب شکست نزدیک به ۱ باشد [۵].

□ تئوری می^{۱۳}

از نظریه می، می‌توان برای توصیف الگوی پراکنده‌گی نور ذرات کروی با در نظر گرفتن خواص نوری آنها استفاده کرد. این اساس برای تجزیه و تحلیل اندازه ذرات با پراکنده‌گی نور استاتیک است. تئوری می در کل محدوده اندازه قابل استفاده

بوده که معمولاً بین ۱۰ نانومتر تا ۴ میلی‌متر است. برای ذرات بزرگتر، باید توزیع اولیه موج توسط دو قطبی اولیه را نیز در نظر بگیریم. هنگام ساخت نظریه می، معادلات ماکسول در داخل و خارج ذره پراکنده‌گی حل می‌شوند. بنابراین، لازم است شرایط مرزی روی سطح ذرات وارد شود. برای ذرات کروی، گوستاو می در سال ۱۹۰۸ یک راه حل تحلیلی به‌دست آورد. نظریه اصلی می محدود به پراکنده‌گی موج صفحه‌ای با استفاده از یک کره همگن و همسانگرد در یک محیط احاطه کننده غیر جاذب است [۶]. نظریه پراکنده‌گی می هیچ محدودیت اندازه‌ای ندارد. در ذرات کوچک، آن را با نظریه ریلی منطبق می‌کند. مفهوم مهم نظریه می در پراکنده‌گی نور استاتیک این است که ذرات بزرگتر نور بیشتری را در جهت جلوتر از ذرات کوچک پراکنده می‌کنند.

□ پراش فرانیهوفر^{۱۴}

وقتی اندازه ذرات بیشتر از طول موج نور باشد، فرایند اصلی پراش است. هنگامی که بعد ذره بسیار بزرگتر از طول موج نور باشد یا ماده بسیار جاذب باشد، اثر لبه ذره بسیار بیشتر به شدت پراکنده‌گی کمک می‌کند. اثر تداخل اکنون به‌طور عمده از حد فاصل ذرات ناشی می‌شود یعنی پراش حاصل از خمش نور در مرز ذرات. در این موارد، پراکنده‌گی از قسمت داخلی ذره از اهمیت کمتری برخوردار است. ذره اکنون به جای ذره سه بعدی مانند یک جسم دو بعدی رفتار می‌کند. فقط ناحیه عمود بر نور مهم است و حجم ذره اهمیتی ندارد [۴]. در این حالت می‌توان پراکنده‌گی را با تئوری پراش فرانیهوفر توصیف کرد. در تقریب فرانیهوفر، زاویه‌های پراش با کاهش اندازه افزایش می‌یابد. تقریب فرانیهوفر فقط پراش را در نظر می‌گیرد اما اگر اینها به‌طور قابل توجهی بزرگتر از طول موج نور لیزر حادث شده باشند، برای ارزیابی توزیع اندازه ذرات مجاز است. تقریب فرانیهوفر، بیشتر برای ذرات تا حدود ۵ میکرومتر استفاده می‌شود.

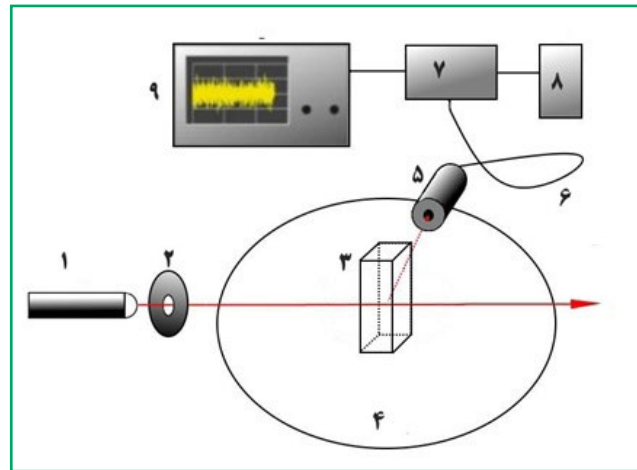
□ نظریه براونی

حرکت براونی در فیزیک به نوعی از حرکت تصادفی ذرات غوطه‌ور در سیال (مایع یا گاز) بر اثر برخورد این ذرات با اتم‌ها یا مولکول‌های سیال گفته می‌شود. براساس این نظریه، حرکت ذرات درون محلول پخش کننده، وابسته به اندازه ذرات است. هر چه اندازه ذره درون محلول پخش کننده بزرگتر باشد، حرکت براونی ذره آهسته‌تر شده و به همین ترتیب، با کوچکتر شدن اندازه ذره، حرکت آن درون محلول پخش کننده سریع‌تر می‌شود. براساس نوع پدیده پراکنده‌گی، طول موج و شدت نور ورودی پس از برخورد به ذرات متحرک تغییر نموده و تغییر داپلر را ایجاد می‌کند که این تغییر فرکانس و شدت، در مقایسه با نور ورودی، بسیار کوچک است. این تغییرات اطلاعاتی در مورد اندازه، توزیع، شکل و ساختار ذرات ارائه می‌دهد. حرکت براونی ذرات درون محلول پخش کننده به اندازه ذرات، دما و ویسکوزیته وابسته است.

□ اجزای دستگاه

□ اجزای دستگاه SLS

طرحی از دستگاه اندازه‌گیری پراکندگی نور استاتیک در شکل (۱) نشان داده شده است. پرتو نور از لیزر نیمه هادی (طول موج ۶۵۳ نانومتر) با دیافراگم واضح شده و به مرکز سل متمرکز می‌شود. اندازه‌گیری‌ها از دو کمیت تشکیل شده‌اند: زاویه روی گونیومتر که جهت تابش اتلاف شده را نشان می‌دهد و ولتاژ حاصل از چند برابر کننده نوری روی اسپیلوسکوپ که متناسب با شدت تابش پراکنده در این جهت است. در نتیجه، مجموعه‌ای از اندازه‌گیری‌ها را داریم که شاخص پراکندگی نور را تشکیل و توزیع زاویه‌ای انرژی تابشی را نشان می‌دهد. مزایای اصلی این روش، سادگی، قابلیت جابجایی اجزای تنظیم و غیرتهاجمی بودن است [۵].



شکل (۱): طرح دستگاه SLS. ۱. لیزر، ۲. دیافراگم، ۳. سل، ۴. گونیومتر، ۵. ورودی تابش، ۶. فیبر نوری، ۷. چند برابر کننده نوری، ۸. منبع تغذیه برای چند برابر کننده نور، ۹. اسپیلوسکوپ [۵].

نمونه در یک سل قرار دارد که به‌طور معمول استوانه‌ای شکل است. یک منبع نور تک رنگ، معمولاً لیزر، نور را به نمونه می‌تاباند. قبل از سال ۱۹۶۰ منابع نوری مورد استفاده در پراکندگی نور، لامپ‌های رشته‌ای یا لامپ‌های بخار جیوه یا سدیم در ارتباط با فیلترهای نوری، شکاف‌های کالیباتور و لنزها بودند. از زمان پیدایش لیزر، به دلیل پرتوی تک رنگ و همبستگی و تراز، تقریباً منبع نور جهانی در دستگاه‌های پراکندگی نور بوده است. شدت (یا قدرت) نور پراکنده از نمونه و همچنین قدرت منبع نور به‌طور مداوم ثبت می‌شود. تقسیم یکی به دیگری اثر احتمالی تغییرات قدرت لیزر را از بین می‌برد. آشکارساز می‌تواند یک دیود نوری (ارزان اما به نسبت غیر حساس) یا یک لوله چند برابر کننده نوری (بسیار حساس اما گران) باشد.

اندازه‌گیری نور پراکنده، روی یک گونیومتر نصب و کنترل می‌کند که نور پراکنده از چه زاویه‌ای (که معمولاً θ نامیده می‌شود) ثبت می‌شود [۷].

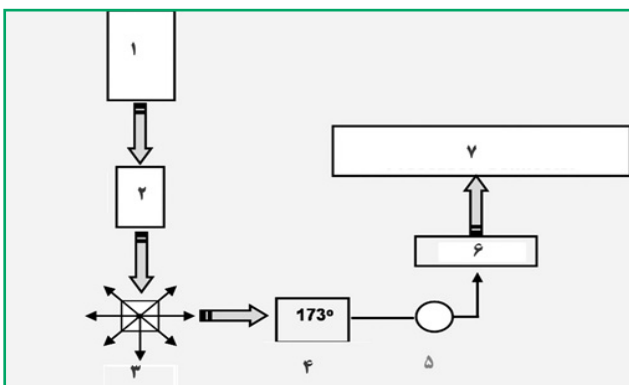
با اندازه‌گیری شدت نور پراکنده به‌عنوان تابعی از زاویه پراکندگی θ (برای نور پراکنده نشده مساوی صفر درجه و برای

نور پراکنده به‌طور مستقیم به طرف لیزر مساوی ۱۸۰ درجه است) محاسبه وزن مولکولی مولکول‌های املاح و حتی اندازه مولکول‌ها (یا ذرات) امکان‌پذیر است، اگر اندازه آنها در محدوده $1/10$ طول موج لیزر تا حدود ۲ برابر طول موج لیزر باشد. اگر کسی نیاز داشته باشد اندازه ذرات یا مولکول‌هایی را که اندازه آنها خارج از این بازه است را تعیین کند باید از روش‌های دیگر استفاده کند. نمونه‌ای از این روش‌ها، DLS است [۷].

ذرات بزرگ، نور بیشتری نسبت به ذرات کوچک پراکنده می‌کنند. کاهش شدت نور پراکنده تقریباً با ضریب 10^6 اتفاق می‌افتد، به این معنی که یک ذره 100 نانومتری 10 برابر قطر کمتر، 1000 برابر حجم کمتر و یک میلیون برابر شدت پراکندگی نور استاتیک در مقایسه با ذره 1000 نانومتر دارد. در پراکندگی نور استاتیک، الگوی مشاهده شده با گذشت زمان تغییر نمی‌کند. بنابراین، اصطلاح استاتیک، به سیگنال اندازه‌گیری اشاره دارد. ذراتی که الگوی نوری پراکنده را ایجاد می‌کنند معمولاً هنگام تجزیه و تحلیل از طریق سلول اندازه‌گیری حرکت می‌کنند، بنابراین ثابت نیستند. با این حال، اگر ماده نمونه به خوبی مخلوط و یکدست باشد، توزیع اندازه در حجم مورد بررسی تا حد زیادی ثابت است و الگوی پراکندگی نیز همین طور است. شدت پراکندگی یک ذره برای نور با طول موج کوتاه بسیار بیشتر از نور با طول موج طولانی است. این پراکندگی با قدرت چهارم طول موج، متناسب است. با این وجود، نور با طول موج طولانی برای اندازه‌گیری ذرات بزرگتر با فناوری پراکندگی نور استاتیک مناسب است.

□ اجزای دستگاه DLS

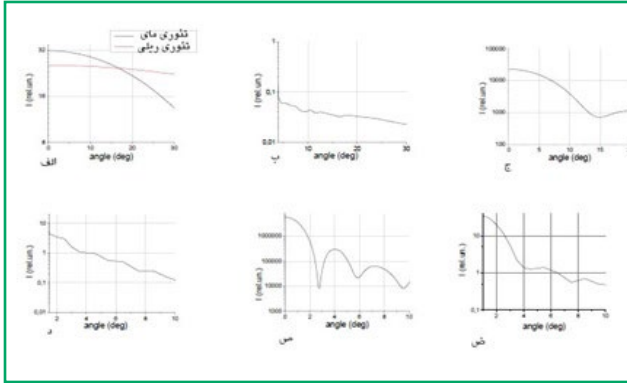
طرحی از دستگاه اندازه‌گیری پراکندگی نور دینامیک در شکل (۲) نشان داده شده است. پرتو نور از لیزر نیمه هادی (طول موج ۶۳۳ نانومتر) تابیده می‌شود. قبل از رسیدن به نمونه، باید از قسمتی به نام تضعیف کننده نور، عبور نماید تا شدت نور در حالت بهینه باشد. پایه این روش بر تفرق بازگشتی است. مزایای اصلی این روش، مسیر کوتاه‌تر پرتو و در نتیجه، امکان انجام نمونه‌های غلیظ و همچنین کاهش امکان خطا است [۸].



شکل (۲): دستگاه DLS. ۱- منبع لیزر، ۲- تضعیف کننده، ۳- سل، ۴- شناساگر، ۵- ارتباط سنخ، ۶- نرم افزار ۷- پردازش اطلاعات دیجیتالی [۹].

میلی گرم / میلی لیتر).

شکل (۳) الگوهای پراکندگی نظری و تجربی برای ذرات لاتکس با اندازه ذرات مختلف در نظر گرفته شده در مقیاس لگاریتمی را ارائه می‌دهد. برای ذراتی که اندازه آنها کوچکتر از طول موج است، هر دو نظریه ریلی و مای در نظر گرفته شده است [۵].



شکل (۳): (الف): منحنی‌های نظری و تجربی، (ب): پراکندگی برای ذرات مونودیسپرس با قطر ۰/۵۴ میکرومتر، (ج): منحنی‌های نظری و تجربی (د): پراکندگی، برای ذرات مونودیسپرس با قطر ۲/۱ میکرومتر و منحنی‌های پراکندگی نظری (ص): و تجربی (ض): برای ذرات مونودیسپرس با قطر ۱۱ میکرومتر [۵].

دقت داشته باشید که اندازه ذرات را می‌توان با استفاده از سطح شدت پراکندگی در زوایای کوچک تشخیص داد. غلظت محلول‌ها بر پراکندگی تأثیر می‌گذارد؛ بنابراین دقت روش، بستگی به دقت اندازه‌گیری غلظت دارد. برای ذرات کوچک، با اندازه کمتر از طول موج نور، می‌توان نتیجه گرفت که بهتر است از نظریه ریلی برای تقریب منحنی پراکندگی استفاده شود. منحنی پراکندگی تجربی برای محلول ذرات با اندازه ۲/۱ میکرومتر نیز به خوبی با نظریه می‌تخمین زده نمی‌شود. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت، ذراتی که اندازه‌های نزدیک به طول موج نور تصادفی دارند، به خوبی با استفاده از SLS مطالعه نشده‌اند. در این موارد، بهتر است از روش‌های پراکندگی نور پویا استفاده شود [۵]. پراکندگی برای ذرات کره‌ای شکل با اندازه ۱۱ میکرومتر متناسب با نظریه می‌است، زیرا نسبت طول به قطر موج بیشتر است.

ناسازگاری محل تراکم پراکندگی نظری و تجربی برای آن را می‌توان به‌عنوان مثال با پراکندگی چندگانه محلول توصیف کرد. مقایسه داده‌های نظری و تجربی نشان داد که SLS می‌تواند با موفقیت برای محلول‌هایی با ذرات با نسبت طول به قطر موج بالا استفاده شود.

□ مقایسه بین دو روش پراکندگی نور SLS و DLS

در پراکندگی نور استاتیک، یک الگوی نوری وابسته به زاویه ثبت و ارزیابی می‌شود. در پراکندگی نور پویا، نوسان شدت نور پراکنده برای مدت زمان طولانی‌تری با یک زاویه

نمونه در سل استوانه‌ای شکل، قرار می‌گیرد. نور لیزر پس از عبور از یک تضعیف کننده به سل حاوی نمونه می‌تابد. وجود تضعیف کننده باعث می‌شود که امکان اندازه‌گیری برای نمونه‌هایی با غلظت بالا و یا میزان تفرق کمتر از حد نیاز است، فراهم شود. کسر بیشتری از نور که به سل تابیده می‌شود، بدون اینکه تغییری در جهت حرکت آن ایجاد شود، به‌طور مستقیم از آن عبور می‌کند. اما مقدار نوری که به نمونه آزمایشی رسیده است، در اثر برخورد با ذرات نمونه متفرق می‌شود. نور متفرق شده با زاویه ۱۷۳ درجه وارد شناساگر شده تا میزان شدت تفرق در آن ثبت شود؛ علت زاویه ۱۷۳ درجه، ایجاد قابلیت تشخیص انحراف معکوس است. در شناساگر، اندازه‌گیری و ثبت شدت تفرق نور رخ می‌دهد و سپس از شناساگر به ارتباط سنج متصل می‌شود. ارتباط سنج با مقایسه شدت تفرق در فاصله‌های مختلف زمانی، نرخ اختلاف شدت را در زمان‌های مختلف محاسبه می‌نماید و در نهایت در رایانه با استفاده از سیستم نرم‌افزار داده‌ها آنالیز و اطلاعات مربوط به اندازه ذرات و توزیع آن نمایش داده شود [۱۰].

□ آماده‌سازی نمونه

ضریب شکست و ویسکوزیته مطلق حلال و مولکول‌های املاح را با استفاده از ابزارهای کمکی مانند رفراکتومتر و ویسکومتر محاسبه و یا در صورت عدم دسترسی به این تجهیزات از مقادیر موجود در پایگاه داده محاسبه استفاده می‌شود [۵]؛ حجم نمونه به‌طور معمول و با توجه به سل ۱ میلی‌لیتر است. غلظت نمونه باید به اندازه کافی و مناسب باشد. هر چه وزن مولکولی کمتر باشد، غلظت لازم بیشتر خواهد بود. در صورت غلیظ یا رقیق بودن نمونه نتایج آنالیز ذرات از اعتبار لازم برخوردار نیستند. محلول نمونه باید کاملاً شفاف (غیر کدر) باشد. و نباید نور طول موج مورد استفاده را جذب کند. همچنین مولکول‌های موجود در محلول باید دارای ضریب شکستی متفاوت از حلال باشند. در خصوص نمونه‌های پودری پراکنده شدن نمونه در محیط مایع ضروری است که برای بهتر بودن نتایج می‌توان از دستگاه حمام صوت استفاده نمود. لازم به ذکر است که استفاده از پروب صوت بدلیل اثر مخرب بر اندازه ذرات توصیه نمی‌شود [۷ و ۱۱].

□ نتایج آزمایش پراکندگی نظری و تجربی برای ذرات لاتکس

در یک آزمایش، منحنی‌های پراکندگی برای محلول‌های حوزه‌های مونو دیسپرس لاتکس پلی استایرن اندازه‌گیری شده است (ضریب شکست $n=1/586$ نسبت به ضریب شکست آب $1/192 = 1/331 / 1/586$) از قطر زیر: $0/54$ میکرومتر (غلظت محلول $C=0/2$ میلی‌گرم/میلی‌لیتر)، $1/2$ میکرومتر ($C=0/1$ میلی‌گرم/میلی‌لیتر)، 11 میکرومتر ($C=0/12$ میلی‌گرم/میلی‌لیتر).

□ معایب

۱. محدودیت در بازه دستگاه: در روش DLS محدوده اندازه قابل تعیین به نسبت محدود و تقریباً ۱۰ تا ۱۰۰۰ نانومتر است.
 ۲. تاثیر عوامل جانبی مثل آماده‌سازی نمونه، تمیزی سل، گرد و غبار محیط بر امکان ایجاد خطا بسیار بالا است؛ همچنین آزمایش SLS در یک سل بوده که بدلیل کوچک بودن سل، امکان ایجاد خطا در اندازه ذرات درشت بسیار محتمل است [۶].

□ کاربرد

قادر به اندازه‌گیری عواملی نظیر وزن مولکولی و ضریب ویرال دوم، اندازه و ساختار است. روش‌های پراکندگی نور برای مطالعه ماکرومولکول‌های زیستی مفید است. پراکندگی نور استاتیک برای تعیین جرم ذرات مناسب است. اندازه‌گیری‌های پراکندگی نور استاتیک، سریع، غیرتهاجمی هستند و فقط به حجم کمی از محلول ماکرومولکول نیاز دارد.

پراکندگی اندازه‌گیری می‌شود. با استفاده از هر دو روش می‌توان اندازه ذرات پراکندگی نور را تعیین کرد؛ بنابراین، روش دینامیکی به ویژه برای نانوذرات مناسب است و از روش پراکندگی نور استاتیک برای طیف وسیعی از اندازه‌ها می‌توان استفاده کرد. جدول‌های (۱) و (۲) مقایسه بین دو روش پراکندگی نور SLS و DLS را نشان می‌دهد. آنها تا حد زیادی مکمل یکدیگر هستند و بیشتر به صورت مشترک استفاده می‌شوند [۷].

در جدول (۱) داده‌های قابل استخراج از دستگاه‌های SLS و DLS مشاهده می‌شود. لازم به ذکر است که نرم‌افزار برخی از دستگاه‌های تفرق نور پویا وزن مولکولی ذرات را محاسبه می‌نماید. در جدول (۲) عوامل موثر بر اندازه‌گیری در آزمون‌های مذکور مشاهده می‌شود. توجه به عوامل موثر ذکر شده در جدول (۲) منجر به افزایش صحت نتایج آزمون می‌شود.

جدول (۱): عوامل اندازه‌گیری در آزمون‌های DLS و SLS [۷].

DLS	SLS	قابل تعیین است
خیر	بلی	وزن مولکولی، M
خیر	بلی	شعاع ژیراسیون، Rg
خیر	بلی	ضریب دوم ویرال، A2
خیر	بلی	شکل
بلی	خیر	قطر هیدرودینامیک، Rh

جدول (۲): عوامل اندازه‌گیری در آزمون‌های DLS و SLS [۷].

DLS	SLS	باید از قبل تعیین شود
خیر	بلی	غلظت وزن، C(g/L)
خیر	بلی	افزایش ضریب شکست، dn/dc
بلی	خیر	ویسکوزیته حلال، μ
بلی	خیر	دمای حلال، T

□ مزایا و معایب

□ مزایا

تجزیه و تحلیل‌های SLS و DLS مادامی که طول موج لیزر با رنگ املاح سازگار باشد تا نور جذب نشود و دمای آزمایش با ثبات ماکرومولکول سازگار باشد، تهاجمی نیستند. در تجزیه و تحلیل دسته‌ای، ماکرومولکول‌ها در شرایط محلول واقعی هستند، یعنی تحت تاثیر هیچ نیرویی قرار نمی‌گیرند که اندازه یا توزیع جرم آنها را تغییر دهد.

نتیجه‌گیری

توزیع اندازه ذرات از ویژگی‌های مهم بسیاری از محصولات است، از پودرها تا سوسپانسیون‌ها و امولسیون‌ها، نه تنها خواص فیزیکی مانند جریان پذیری، بلکه جنبه‌های بصری و خواص حسی را نیز تعیین می‌کند. در چند دهه گذشته، پراکندگی نور استاتیک (SLS) به عنوان گزینه‌ای برای اندازه‌گیری سریع و قابل تکرار اندازه ذرات از پراکندگی‌های رقیق در محدوده فوق میکرون تبدیل شده است. در حالی که برای ذرات در محدوده نانومتری قطعاً روش دینامیک به مراتب مناسب‌تر خواهد بود.

پی‌نوشت

۱. کارشناسی ارشد زیست‌شناسی، آزمایشگاه مرکزی دانشگاه اصفهان - اصفهان
۲. کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، آزمایشگاه مرکزی دانشگاه فردوسی - مشهد
۳. دانشجوی تخصصی دوره دکتری مهندسی مواد - آزمایشگاه مرکزی مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی - مشهد
۴. عضو کارگروه تخصصی اندازه ذرات شبکه آزمایشگاهی

5. Static light scattering (SLS)
6. Molecular Weight (Mw)
7. Gyration (Rg)
8. Zimm plot
9. Guinier Plot
10. Guinier plot
11. Dynamic light scattering (DLS)
12. Rayleigh theory
13. Mie theory
14. Fraunhofer

- [1] Dolgushin SA, Yudin IK, Deshabo VK, et al (2016) Depolarization of Light Scattered in Water Dispersions of Nanoparticles of Different Shapes. *Biomed Eng (NY)* 49:394–397. <https://doi.org/10.1007/s10527-016-9574-6>
- [2] Xu R, (2012) Light scattering: A review of particle characterization applications :10.1016/j.partic.2014.05.002
- [3] Xu R(2002) Particle Characterization: Light Scattering Methods. Part Charact Light Scatt Methods 13:6221. <https://doi.org/10.1007/0-306-47124-8>
- [4] David W H 2009 Light scattering theory, p 13 [4] Xu R 2002 Particle Characterization: Light Scattering Methods Kluwer (USA: Academic Publishers) p 397
- [5] Kolokolnikov I, Nepomnyashchaya E, Velichko E (2019) Static light scattering for determination of physical parameters of macro- and nanoparticles. *J Phys Conf Ser* 1410:12168. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1410/1/012168>
- [6] Quinten DM (2011) Optical Properties of Nanoparticle Systems: Mie and beyond. <https://doi.org/10.1002/9783527633135>
- [7] Øgndal L (2019) Light Scattering a brief introduction. *Univ Copenhagen* 45
- [8] Nenomnyashchaya E, Antonova E(2018) IEEE International Conference on Electrical Engineering and Photonics 136–14. [http:// http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1410/1/012168](http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1410/1/012168)
- [9] Saha BP, Mukhopadhyay J, Johnson R (2012) Comparative nanoparticle size characterization of eew alumina using various measurement techniques. *Part Sci Technol* 30:517–532. <https://doi.org/10.1080/02726351.2011.604397>

[۱۰] داود قزایلو، ساسان مرادده (۱۳۹۳) تعیین توزیع اندازه ذرات در ابعاد نانو با استفاده از دستگاه تفرق نور پویا. فصلنامه تخصصی دانش آزمایشگاهی ایران ۸: ۲۰-۱۴

[۱۱] داود قزایلو، ساسان مرادده (۱۳۹۴) آماده‌سازی نمونه برای انجام آزمون‌های DLS فصلنامه تخصصی دانش آزمایشگاهی ایران ۱۱: ۱۴-۷

Author

Sahar Salehi^{1,4*}
Daryanz Farahmand Broujeni^{2,4}
Fateme khakrah^{3,4}

* Sah.salehi@gmail.com

1. Ph.D Student of material science and engineering, Central laboratory of Research Institute of Food Science and Technology
2. MSc of Biology, Central laboratory, University of Isfahan, Isfahan, Iran.
3. MSc. Of Economic geology, Central laboratory of Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
4. Particle size working group

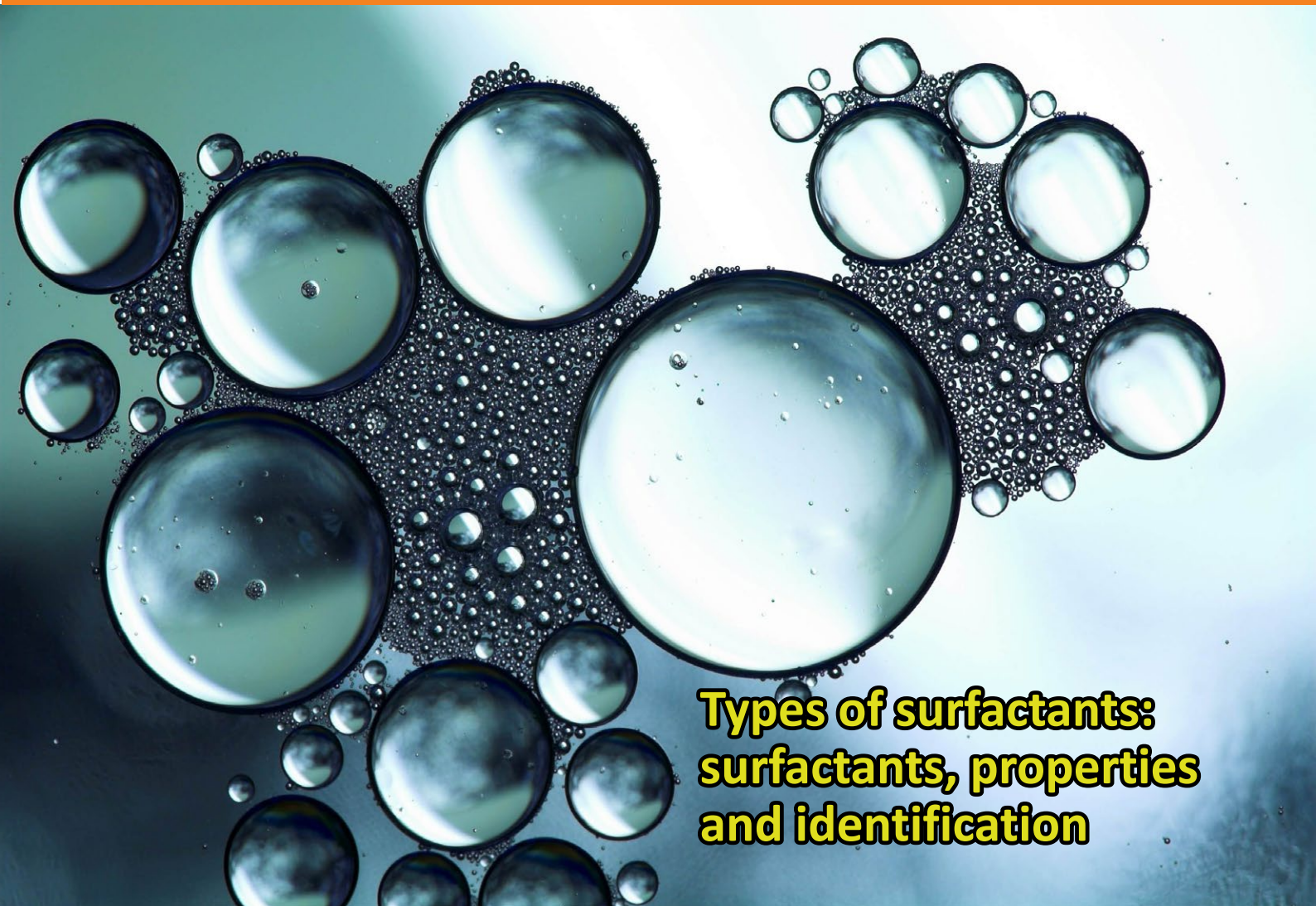
Particle size techniques, factors and applications

Abstract

Particle characterization is a principal factor in the research and development of the product, production, and material quality control. Particle size plays a critical role in the borderline sciences, such as biotechnology and nanotechnology. In this study, light scattering devices (dynamic and Static) and their theory is discussed. Also, suggest theory to calculate form factor of scattering such as Rayleigh and Mie was explained.

Keywords

Particle size, Dynamic light scattering, Static light scattering, Application.



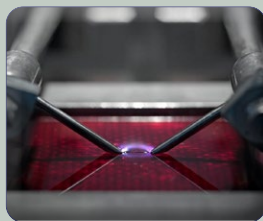
Types of surfactants: surfactants, properties and identification



Introduction of rheometer measurement systems



Application of eye-tracker in cognitive sciences



Performing Tracking Test with Three Different Methods on Polymeric Electrical Insulations



Quality management and its role in test performance laboratory according to ISO/IEC 17025



Particle size techniques, factors and applications