استاندارد ملی ایران
۱-۲۳۴۴۱
چاپ اول
۱۴۰۲

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iran National Standards Organization

INSO
23441-1
1st Edition
2024

Identical with
ISO 24218-1:
2023

فناوری حباب ریز- مشخصه‌یابی حباب‌های ریز- قسمت ۱: ارزشیابی شاخص‌های اندازه و غلظت با روش پراش لیزری

Fine bubble technology- Characterization of fine bubbles- Part 1: Evaluation of size and concentration indices by laser diffraction method

ICS: 07.030

استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۱-۲۳۴۴۱ (چاپ اول): سال ۱۴۰۲

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق‌پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@inso.gov.ir

وبگاه: http://www.inso.gov.ir

Iran National Standards Organization (INSO)

No. 2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@inso.gov.ir

Website: http://www.inso.gov.ir

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک مادهٔ ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد ، ابلاغ‌شده در دی ماه ۱۳۹۶، وظیفهٔ تعیین، تدوین، به‌روزرسانی و نشر استانداردهای ملی را بر عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند درکمیته ملی طرح، بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)[1]، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2- International Electrotechnical Commission
3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)
4- Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«فناوری حباب ریز- مشخصه‌یابی حباب‌های ریز- قسمت ۱: ارزشیابی شاخص‌های اندازه و غلظت با روش پراش لیزری»

رئیس:	**سمت و/یا محل اشتغال:**
سهرابی جهرمی، ابوذر (دکتری فناوری نانو)	رئیس هیئت مدیره- شرکت راصد توسعه فناوری‌های پیشرفته
دبیر:	
شاکری، روشنک (کارشناسی‌ارشد فیزیک اتمی- مولکولی)	کارشناس- سازمان ملی استاندارد ایران
اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
اسلامی‌پور، الهه (کارشناسی‌ارشد زیست‌شناسی)	کارشناس مسئول- گروه استاندارد و ایمنی ستاد توسعه فناوری‌های نانو و میکرو
دارابی، عادله (دکتری فیزیک- حالت جامد)	عضو مستقل
سردابی، فاطمه (دکتری صنایع غذایی)	رئیس گروه - سازمان ملی استاندارد ایران
سیفی، مهوش (کارشناسی‌ارشد مدیریت دولتی)	مشاور- گروه استاندارد و ایمنی ستاد توسعه فناوری‌های نانو و میکرو
صادق حسنی، صدیقه (دکتری شیمی تجزیه-الکتروشیمی)	مدیر تحقیق و توسعه- شرکت آرال تجهیز آزما
فاضلی، مجتبی (دکتری مهندسی محیط‌زیست)	عضو هیئت علمی- بازنشسته دانشگاه شهید بهشتی
نجفی اصلی پاشاکی، شبنم (دکتری شیمی تجزیه)	مدیر فنی- آزمایشگاه‌های مرکز پژوهش‌های کاربردی علوم زمین البرز
ویراستار:	
سیفی، مهوش (کارشناسی‌ارشد مدیریت دولتی)	مشاور- گروه استاندارد و ایمنی ستاد توسعه فناوری‌های نانو و میکرو

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

پیش‌گفتار و
مقدمه ز
۱ هدف و دامنه کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۱
۳ اصطلاحات و تعاریف ۱
۴ الزامات آزمون ۲
۴-۱ نمونه ۲
۴-۲ دستگاه اندازه‌گیری ۳
۴-۳ محیط ۳
۵ غلظت عددی و غلظت حجمی ۳
۵-۱ تفاوت برداشت بین توزیع اندازه مبتنی بر تعداد و حجم ۳
۵-۲ تبدیل بین مقدار بعد عددی و مقدار بعد حجمی ۵
۵-۳ ارزشیابی اثر حباب ریز ۶
۶ ارزشیابی ۷
۶-۱ نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه ۷
۶-۲ روش اجرایی استفاده تلفیقی از آنالیز اندازه مبتنی بر تعداد و آنالیز اندازه مبتنی بر حجم به روش پراش لیزری ۷
۷ گزارش آزمون ۸
پیوست الف (آگاهی‌دهنده) نمونه‌هایی از استفاده تلفیقی از آنالیز اندازه مبتنی بر تعداد و آنالیز اندازه مبتنی بر حجم به روش پراش لیزری ۹
کتاب‌نامه ۱۳

پیش‌گفتار

استاندارد «فناوری حباب ریز- مشخصه‌یابی حباب‌های ریز- قسمت ۱: ارزشیابی شاخص‌های اندازه و غلظت با روش پراش لیزری» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی/منطقه‌ای به عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تهیه و تدوین شده، در یکصدوسی‌و هفتمین اجلاسیه کمیتهٔ ملی استاندارد فناوری نانو مورخ ۱۴۰۲/۱۱/۰۸ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک مادهٔ ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ‌شده در دی ماه ۱۳۹۶، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوهٔ نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم وخدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح یا تکمیل این استانداردها ارائه شود، در هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط، مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «معادل یکسان» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی می‌باشد و معادل یکسان استاندارد بین‌المللی مزبور است:

ISO 24218-1: 2023, Fine bubble technology- Characterization of fine bubbles- Part 1: Evaluation of size and concentration indices by laser diffraction method

مقدمه

فناوری حباب ریز در کاربردهای خود در بازارهایی مانند تمیزکاری، تصفیه آب، کشاورزی، آبزی‌پروری و زمینه‌های زیست‌پزشکی رشد داشته است. اکنون روش‌های ارزشیابی مشخصه‌های حباب‌های ریز مانند شاخص‌های اندازه و غلظت برای روشن شدن عملکرد سامانه‌های مولد حباب ریزِ مورد استفاده برای کاربردهای مختلف، ضروری می‌شوند.

شکل توزیع اندازه پراکنه‌های حباب ریز (FBD)[1] می‌تواند دوقله‌ای[2] یا چندقله‌ای[3] باشد، و این توزیع می‌تواند به‌طور وسیع از گستره حباب فراریز (UFB)[4] تا گستره میکروحباب (MB)[5] گسترش یابد.

برای ارزشیابی رابطه بین مشخصه‌های حباب‌های ریز و اثرات آن‌ها، باید درنظر گرفت که حالت‌های مربوط به توزیع اندازه چندقله‌ای می‌توانند سهم مستقل خود را در عملکرد کل آن‌ها داشته باشند.

روش پراش لیزری می‌تواند توزیع اندازه چندقله‌ای را از گستره (< ۱μm) حباب فراریز تا میکروحباب (در مقیاس میکرون) ارزشیابی کند.

با توجه به ماهیت توزیع اندازه مبتنی بر تعداد، در هر بررسی نمونه مبتنی بر تعداد که جمعیت‌های حباب‌های فراریز و میکروحباب‌ها را با هم مخلوط می‌کند، به‌طور نامناسبی به کسری از حباب‌ها با اندازه کوچکتر (حباب‌های فراریز) وزن‌دهی می‌شود. بنابراین ممکن است بخش مهمی از حباب‌های بزرگتر (میکروحباب‌ها) در نظر گرفته نشود. هنگام مشاهده داده‌های توزیع اندازه، تأیید ابعاد آن (مبنای تعداد یا حجم) ضروری است. علاوه‌براین، توصیه می‌شود مناسب بودن رویکرد برای توزیع ابعادی اندازه از نظر این‌که چه کاری می‌تواند برای توزیع اندازه انجام دهد و به‌عنوان مناسب‌ترین رویکرد برای کاربرد ارزشیابی، مورد توجه قرار گیرد.

این استاندارد برای تعیین ارزشیابی شاخص‌های اندازه و غلظت حباب‌های ریز با استفاده تلفیقی از آنالیز اندازه مبتنی برتعداد و آنالیز اندازه مبتنی بر حجم با روش پراش لیزری درنظر گرفته شده‌است. هر دو نمونه دوقله‌ای و چندقله‌ای مناسب هستند. این استاندارد برای حباب‌های ریز با پوسته و بدون پوسته در گستره اندازه‌ای که شامل پراکنه‌های حباب فراریز و میکروحباب و هر تلفیقی از آن‌ها است، قابل استفاده است.

1- Fine Bubble Dispersion
2- Bimodal
3- Multimodal
4- Ultrafine Bubble
5- Microbubble

فناوری حباب ریز- مشخصه‌یابی حباب‌های ریز- قسمت ۱: ارزشیابی شاخص‌های اندازه و غلظت با روش پراش لیزری

۱ هدف و دامنهٔ کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روش ارزشیابی شاخص‌های اندازه و غلظت حباب‌های ریز است که برای استفاده تلفیقی از آنالیز اندازه مبتنی بر تعداد و آنالیز اندازه مبتنی بر حجم با روش پراش لیزری اعمال می‌شود. روش توصیف‌شده برای نمونه‌های دوقله‌ای و چندقله‌ای در گستره وسیعی از اندازه (از ده‌ها نانومتر تا ده‌ها میکرومتر) مناسب است و برای پراکنه‌های حباب فراریز و میکروحباب (MBD) و مخلوط‌های‌آن‌ها اعمال می‌شود.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین‌ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

درصورتی‌که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

2-1 ISO 20480-1, Fine bubble technology- General principles for usage and measurement of fine bubbles- Part 1: Terminology

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۵۵۸۸: سال ۱۳۹۷، فناوری حباب ریز- اصول کلی برای استفاده و اندازه‌گیری حباب‌های ریز- قسمت ۱: واژگان

2-2 ISO 20298-1:2018, Fine bubble technology- Sampling and sample preparation for measurement- Part 1: Ultrafine bubble dispersion in water

2-3 ISO 21910-1, Fine bubble technology- Characterization of microbubbles- Part 1: Off-line evaluation of size index

2-4 ISO 13320, Particle size analysis- Laser diffraction methods

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه‌بر اصطلاحات و تعاریف ارائه‌شده در استاندارد ISO 20480-1 اصطلاحات و تعاریف زیر

نیز به‌کار می‌رود.[۱]

۱-۳

پراکنه حباب ریز

fine bubble dispersion
FBD

مایعی که حاوی حباب‌های ریز (<۱۰۰µm) است.

[منبع: زیربند3.1، استاندارد ISO 20298-1: 2018, 3.1]

۲-۳

پراکنه حباب فراریز

ultrafine bubble dispersion
UFBD

مایعی که حاوی حباب‌های فراریز (<۱ µm) است.

[منبع: زیربند 3.3، استاندارد ISO 20298-1: 2018]

۳-۳

پراکنه میکروحباب

microbubble dispersion
MBD

مایعی که حاوی میکروحباب (≥ ۱ µm و <۱۰۰µm) است.

[منبع: زیربند 3.4، استاندارد ISO 20298-1: 2018]

۴ الزامات آزمون

۱-۴ نمونه

پراکنه حباب ریز مورد ارزشیابی، باید با استفاده از یک سامانه مولد حباب ریز تمیز با استفاده از آب خالص و گاز خالصی مانند هوا، نیتروژن یا اکسیژن تولید شود.

۱- اصطلاحات و تعاریف به‌کاررفته در استانداردهای IEC وISO در وبگاه‌های http://www.electropedia.org/ و http://www.iso.org/obp قابل‌دسترس است.

۴-۲ دستگاه اندازه‌گیری

از یک دستگاه اندازه‌گیری براساس روش پراش لیزری باید برای ارزشیابی شاخص‌های اندازه و غلظت پراکنه حباب ریز در آب استفاده شود. روش پراش لیزری می‌تواند توزیع‌های اندازه چندقله‌ای وسیع را از گستره پراکنه حباب فراریز تا پراکنه میکروحباب ارزشیابی کند. این روش می‌تواند برای استفاده تلفیقی از آنالیز اندازه مبتنی بر تعداد و آنالیز اندازه مبتنی بر حجم برای نمونه‌ای که توزیع اندازه آن در گستره اندازه دوقله‌ای یا چندقله‌ای است، قابل استفاده باشد.

به‌طورکلی توزیع اندازه به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری، با نشان دادن رابطه بین اندازه و غلظت حجمی بهنجارشده (٪) بیان می‌شود. توزیع اندازه بین اندازه و غلظت عددی بهنجارشده (٪) را می‌توان به راحتی با استفاده از نرم‌افزار متصل به دستگاه به‌دست آورد. این توزیع اندازه مبتنی بر تعداد را می‌توان با استفاده از یک نرم‌افزار صفحه گسترده مانند اکسل (Excel) نیز محاسبه کرد.

یادآوری- بعضی از دستگاه‌ها می‌توانند توزیع اندازه بین اندازه و غلظت حجمی (µl/ml) و توزیع اندازه بین اندازه و غلظت عددی (ml/تعداد) را همان‌طورکه در پیوست **الف** نشان داده شده است، به‌دست آورند. شیوه‌های مشابه پردازش داده‌ها با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری‌شده از دستگاه‌های متداول برای به‌دست آوردن توزیع اندازه، اندازه و غلظت می‌تواند با استفاده از نرم‌افزار صفحه‌گسترده انجام شود، اما برای کاربران عادی، بدون پشتیبانی سازنده، چندان آسان نیست.

روش‌های پراش لیزری باید مطابق با استاندارد ISO 13320 باشد.

۴-۳ محیط

توصیه می‌شود طبقه‌بندی تمیزی هوا برای اندازه‌گیری اعمال شود تا از آلودگی ناشی از ناخالصی‌ها جلوگیری شود. دمای محیط و فشار اتمسفر باید پایدار باشد تا از تغییر مشخصه‌های حباب‌های ریز جلوگیری شود.

۵ غلظت عددی و غلظت حجمی

۵-۱ تفاوت برداشت بین توزیع اندازه مبتنی بر تعداد و حجم

نتیجه اندازه‌گیری آنالیز اندازه مبتنی بر تعداد می‌تواند بسیار متفاوت از آنالیز اندازه مبتنی بر حجم باشد، زمانی که همان نمونه مورد آنالیز قرار می‌گیرد. برداشت ناشی از نتایج اندازه‌گیری‌های مختلف نیز می‌تواند بسیار متفاوت باشد. اگر فقط از آنالیز اندازه مبتنی بر تعداد استفاده شود، می‌تواند موجب قضاوت نادرستی در ارزشیابی اثر حباب‌های ریز شود.

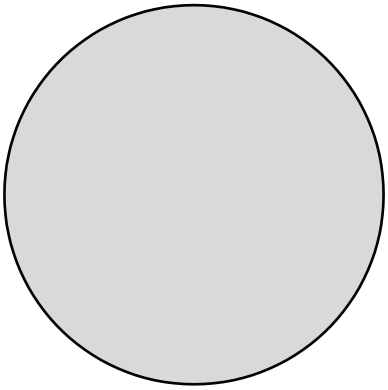
شکل حباب‌های ریز تقریباً کروی است که منجر به بحث زیر می شود.

در مورد نسبت اندازه حباب ریز ۱:۱۰، نسبت عددی ۱:۱، معادل نسبت حجمی ۱:۱۰۰۰ همان‌طورکه در جدول ۱ نشان داده شده‌است و نسبت حجمی ۱:۱ معادل با نسبت عددی ۱:۱۰۰۰ است که در جدول ۲

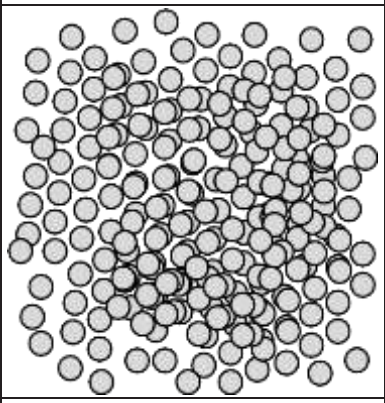
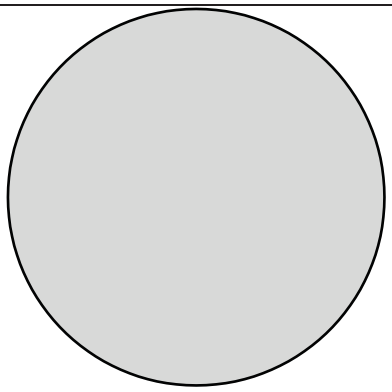
نشان داده شده‌است. جدول ۱ و جدول ۲، اهمیت تشخیص درست تفاوت ابعاد بین تعـداد و حجـم را بـرای ارزشیابی ذره یا مقدار حباب نشان می‌دهد.

بنابراین، استفاده تلفیقی از آنالیز اندازه مبتنی بر تعداد و آنالیز اندازه مبتنی بر حجم با روش پراش لیزر برای این مشخصه‌یابی ضروری است.

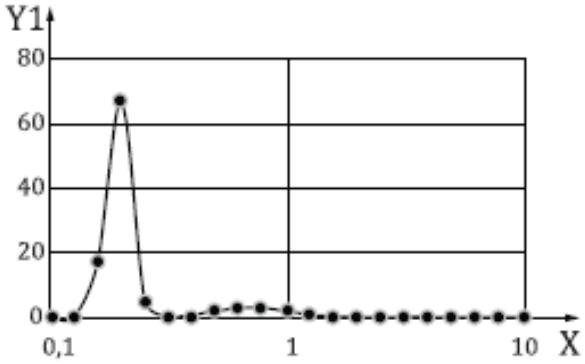
جدول ۱- نسبت عددی حباب‌های ریز ۱:۱ در حالت نسبت اندازه ۱:۱۰

نسبت اندازه حباب	۱	۱۰
تصویر		
نسبت عددی	۱	۱
نسبت حجمی	۱	۱۰۰۰

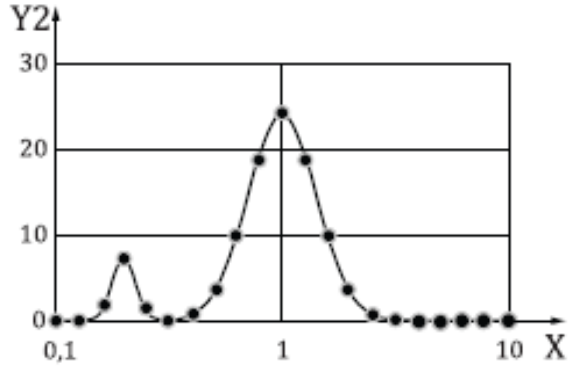
جدول ۲- نسبت حجمی حباب‌های ریز ۱:۱ در حالت نسبت اندازه ۱:۱۰

نسبت اندازه حباب	۱	۱۰
تصویر		
نسبت عددی	۱۰۰۰	۱
نسبت حجمی	۱	۱

شکل ۱، دو نوع نمودار توزیع اندازه دوقله‌ای را نشان می‌دهد که معادل هستند، اما برداشت‌ها بسیار متفاوت است زیرا ابعادی مانند تعداد و حجم متفاوت است.



الف- توزیع اندازه مبتنی بر تعداد



ب- توزیع اندازه مبتنی بر حجم

راهنما:

X	اندازه ذرات یا اندازه حباب (µm)
Y1	ΔQ_0 غلظت عددی بهنجارشده (٪)
Y2	ΔQ_3 غلظت حجمی بهنجارشده (٪)

شکل ۱- نمونه‌ای از توزیع اندازه مبتنی بر تعداد و حجم

همان‌طورکه در شکل ۱ نشان داده شده‌است، مقدار حباب‌های ریز کوچکتر را می‌توان در توزیع اندازه مبتنی بر تعداد مورد تاکید قرار داد، در حالی‌که در توزیع اندازه مبتنی بر حجم، می‌توان بر مقدار حباب‌های ریز بزرگتر تاکید کرد. ارزشیابی مقدار حباب‌های ریز بزرگتر در توزیع اندازه مبتنی بر تعداد می‌تواند دشوار باشد، اما ارزشیابی میزان حباب‌های ریز کوچکتر در توزیع اندازه مبتنی بر حجم نیز می‌تواند دشوار باشد.

زیربند ۵-۱ اهمیت و ضرورت استفاده تلفیقی از آنالیز اندازه مبتنی بر تعداد و آنالیز اندازه مبتنی بر حجم را برای نمونه‌ای که توزیع اندازه آن در گستره وسیعی از اندازه، دوقله‌ای یا چندقله‌ای است، نشان می‌دهد.

روش پراش لیزری می‌تواند توزیع اندازه چندقله‌ای را به‌طور وسیعی از گستره حباب فراریز تا میکروحباب ارزشیابی کند.

۵-۲ تبدیل بین مقدار بعد عددی و مقدار بعد حجمی

بیشتر دستگاه‌های اندازه‌گیری مبتنی بر روش پراش لیزری عملکردی دارند که هر دو مقدار بعد عددی و مقدار بعد حجمی را به‌صورت غلظت حباب‌ها یا ذرات به‌دست می‌آورند. همان‌طورکه در فرمول‌های ۱ تا ۴ نشان داده شده‌است، از آنجایی‌که شکل حباب‌های ریز تقریباً کروی است، غلظت عددی بهنجارشده و غلظت حجمی بهنجارشده می‌توانند به‌طور موثری به یکدیگر قابل تبدیل باشند.

$$y_{0,i} = \frac{\Delta Q_{3,i}}{\frac{\pi . x_i^3}{6}} \qquad (۱)$$

$$\Delta Q_{0,i} = \frac{y_{0,i}}{\sum_{j=1}^{n} y_{0,j}} \times 100 \quad (۲)$$

$$y_{3,i} = \Delta Q_{0,i} \times \frac{\pi . x_i^3}{6} \quad (۳)$$

$$\Delta Q_{3,i} = \frac{y_{3,i}}{\sum_{j=1}^{n} y_{3,i}} \times 100 \quad (۴)$$

که در آن:

$\Delta Q_{0,i}$ غلظت عددی بهنجارشده (٪) در گستره اندازه iام است؛

$\Delta Q_{3,i}$ غلظت حجمی بهنجارشده (٪) در گستره اندازه iام است؛

x_i قطر میانگین است که گستره اندازه iام را نشان می‌دهد.

۳-۵ ارزشیابی اثر حباب ریز

پراکنه‌های حباب‌های ریز می‌توانند شامل حباب‌ها و آلاینده‌هایی باشند که گستره اندازه آن‌ها از حباب فراریز تا میکروحباب است و شکل توزیع اندازه آن‌ها می‌تواند دوقله‌ای یا چندقله‌ای باشد.

توصیه می‌شود برای ارزشیابی رابطه بین مشخصه حباب‌های ریز و اثرات آن‌ها، احتمالات زیر در مورد علت اثر در نظر گرفته شود.

۱- اثر ناشی از تعداد حباب‌های کوچکتر.

۲- اثر ناشی از حجم حباب‌های بزرگتر که به معنی مقدار زیادی گاز است.

۳- اثر هم‌افزایی ناشی از تعداد حباب‌های کوچکتر و حجم حباب‌های بزرگتر.

توصیه می‌شود در موارد دیگر، درنظر گرفته شود که حباب‌های بزرگتر مانند میکروحباب‌ها، ممکن است اثر حباب‌های کوچکتر مانند حباب فراریز را از بین ببرد.

بنابراین، برای بحث در مورد رابطه بین مشخصه حباب‌های ریز و اثر آن‌ها، استفاده تلفیقی از آنالیز اندازه مبتنی بر تعداد و آنالیز اندازه مبتنی بر حجم بسیار موثر است.

مشخصه پراکنه حباب ریز بسته به شرایط عملیاتی، محیط و زمان سپری‌شده می‌تواند تغییر کند. این تغییر می‌تواند در گستره وسیعی از اندازه رخ دهد. پراکنه حباب فراریز می‌تواند پایدار باشد، اما پراکنه حباب ریز که در گستره وسیعی از اندازه شامل میکروحباب‌های بزرگتر گسترش می‌یابد، می‌تواند ناپایدار باشد. برای بحث در مورد رابطه بین مشخصه حباب‌های ریز و اثر آن، استفاده تلفیقی از آنالیز اندازه مبتنی بر تعداد و آنالیز اندازه مبتنی بر حجم با روش پراش لیزری به‌عنوان مبنای این بحث، بسیار مهم است. این استفاده تلفیقی می‌تواند طیف وسیعی از اندازه حباب‌های فراریز تا میکروحباب‌ها را پوشش دهد.

۶ ارزشیابی

۶-۱ نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه

برای نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه پراکنه حباب ریز در آبی که حد بالای گستره اندازه مورد آنالیز کوچکتر از µm ۱۰ است، باید استاندارد ISO 20298-1 اعمال شود.

درصورتی‌که حد بالای گستره اندازه مورد آنالیز به اندازه بزرگتر از µm ۱۰ گسترش یابد، پراکنه حباب ریز در آب باید مطابق با استاندارد ISO 21910-1، به یک دستگاه اندازه‌گیری منتقل شود.

۶-۲ روش‌اجرایی استفاده تلفیقی از آنالیز اندازه مبتنی بر تعداد و آنالیز اندازه مبتنی بر حجم به روش پراش لیزری

استفاده تلفیقی از آنالیز اندازه مبتنی بر تعداد و آنالیز اندازه مبتنی بر حجم با روش پراش لیزری، باید مطابق با روش‌اجرایی زیر انجام شود.

۱- نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه از نمونه پراکنه حباب ریز را برای آنالیز انتخاب کنید.

۲- نمونه را به دستگاه اندازه‌گیری انتقال دهید.

اگر یک افزاره همزن، یک پمپ و یک دستگاه فراصوت به‌عنوان اجزای موجود در دستگاه اندازه‌گیری استفاده شود، این اثرات بر مشخصه‌های حباب‌های ریز باید از طریق تکرار فرایند و تغییر شرایط متعدد قبل از اندازه‌گیری واقعی به حداقل برسد.

باید از آب شاهد بهینه[1] به‌عنوان پس زمینه استفاده شود.

۳- هر گونه الگوی توزیع شدت نور پراکنده که داده‌های خام روش پراش لیزری است را آشکارسازی کنید.

۴- داده‌های توزیع اندازه ذرات مبتنی بر حجم را از الگوی توزیع شدت نور پراکنده محاسبه کنید. به‌طورکلی، روش پراش لیزر ابتدا داده‌های توزیع اندازه مبتنی بر حجم را به‌دست می‌آورد.

۵- داده‌های توزیع اندازه مبتنی بر حجم را به داده‌های توزیع اندازه مبتنی بر تعداد تبدیل کنید.

۶- حالت توزیع مربوط به توزیع اندازه مبتنی بر حجم را ارزشیابی کنید و اندازه و غلظت را برای حالت توزیع مربوط تأیید کنید.

اگر حجم حباب‌ها یا آلاینده‌های بزرگتر از µm ۱۰۰ بیش از ٪ ۱۰ از کل حجم حباب‌های ریز اندازه‌گیری شود، این تاثیر بر درستی اندازه‌گیری را نمی‌توان نادیده گرفت. در این مورد، نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه باید بازنگری شود. حباب‌های بزرگتر را می‌توان در طول زمان حذف کرد.

1- Optimum blank water

در برخی موارد، ممکن است لازم باشد که نگهداری سامانه مولد حباب ریز برای کاهش آلاینده‌ها در نظر گرفته شود.

۷- حالت توزیع مربوط به توزیع اندازه مبتنی بر تعداد را ارزشیابی کنید و اندازه و غلظت را برای حالت توزیع مربوط تأیید کنید.

۷ گزارش آزمون

توصیه می‌شود در مورد اطلاعات مربوط به نمونه‌برداری، آماده‌سازی و انتقال نمونه به استانداردهای ISO 20298-1 و ISO 21910-1 و اطلاعات مربوط به دستگاه اندازه‌گیری و اندازه‌گیری به استاندارد ISO 13320 مراجعه شود.

گزارش آزمون باید شامل اطلاعات زیر باشد.

الف- ارجاع به این استاندارد ملی؛

ب- نوع و تعداد سامانه یا دستگاه مولد حباب ریز؛

پ- خلوص آب و گاز مورد استفاده برای تولید حباب ریز؛

ت- نوع دستگاه و تعداد روش پراش لیزری؛

ث- نسخه نرم‌افزار؛

ج- توزیع اندازه مبتنی بر حجم و تعداد؛

چ- نام کاربر و آزمایشگاه؛

ح- تاریخ و زمان آزمون.

توصیه می‌شود اطلاعات زیر نیز در رابطه با حالت‌های توزیع مربوط، توزیع اندازه مبتنی بر تعداد و توزیع اندازه مبتنی بر حجم گزارش شود.

الف- قطر میانگین حالت توزیع؛

ب- قطر کیفی حالت توزیع؛

پ- گستره اندازه حالت توزیع (کمینه قطر و بیشینه قطر)؛

ت- غلظت یا غلظت بهنجارشده.

پیوست الف

(آگاهی‌دهنده)

نمونه‌هایی از استفاده تلفیقی از آنالیز اندازه مبتنی بر تعداد و آنالیز اندازه مبتنی بر حجم به روش پراش لیزری

الف-۱ کلیات

درحالی‌که توزیع اندازه ذرات به‌دست آمده به‌وسیله آنالیزگر اندازه ذرات براساس روش پراش لیزری، رابطه بین اندازه ذرات و غلظت ذرات بهنجارشده است، برخی از آنالیزگرها می‌توانند اندازه ذرات و توزیع اندازه ذرات و تعداد یا غلظت حجمی را به‌دست آورند.

در این پیوست، نتایج اندازه‌گیری توزیع اندازه مبتنی بر تعداد و توزیع اندازه مبتنی بر حجم با روش پراش لیزری به‌صورت رابطه بین اندازه ذرات (اندازه حباب) و غلظت نشان داده شده است. به‌عنوان یک مرجع، مفهوم اساسی برای بیان توزیع اندازه ذرات به‌صورت رابطه بین اندازه ذرات و غلظت در زیربند الف-۲ تعریف شده است. در زمان انتشار، بیان جزئیات این فرآیند به سازندگان مربوط بستگی دارد.

از روش پراش لیزری کمّی [۱] که توزیع اندازه ذرات را به‌صورت رابطه بین اندازه و غلظت به‌دست می‌آورد، می‌توان برای ارزیابی ذرات (حباب) استفاده کرد.

الف-۲ مفهوم روش اجرایی برای به‌دست آوردن غلظت عددی یا حجمی

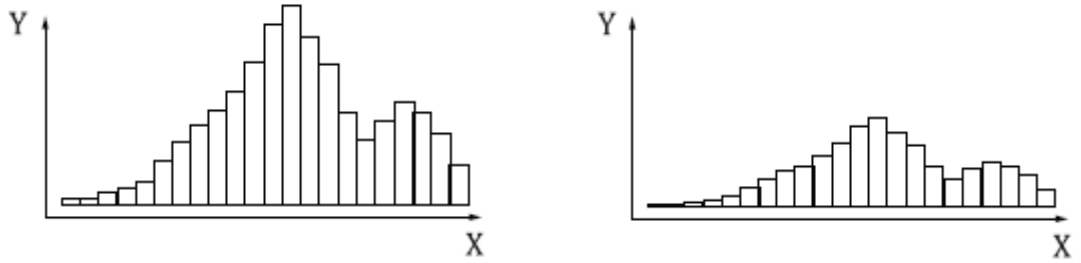
الگوی توزیع شدت نور پراکنده متناسب با غلظت عددی یا غلظت حجمی است. بنابراین، مقدار ذرات محاسبه‌شده از الگوی توزیع شدت نور پراکنده متناسب با تعداد یا غلظت حجمی است. هنگامی که هیچ اطلاعاتی در مورد رابطه بین مقدار ذرات محاسبه‌شده و غلظت وجود ندارد، باید از غلظت بهنجارشده استفاده شود. بااین‌حال، این اطلاعات با استفاده از یک ماده مرجع گواهی‌شده (CRM)[1] مانند ذرات لاتکس پلی‌استایرن (PSL)[2] به‌دست می‌آید. تأثیر ناشی از تفاوت ضریب شکست بین CRM و حباب‌های ریز را می‌توان براساس نظریه پراکندگی مای[3] به‌صورت عددی اصلاح کرد. درباره حباب‌های ریز با پوسته، تأثیر ضریب شکست پوسته را می‌توان به‌طورکلی نادیده گرفت.

در این مورد، توزیع اندازه ذرات را می‌توان به‌صورت رابطه بین اندازه ذرات و غلظت به‌دست آورد.

شکل الف-۱، نمونه‌ای از الگوی توزیع شدت نور پراکنده را نشان می‌دهد. در این حالت شکل‌های توزیع اندازه ذرات نمونه A و B یکسان است، اما غلظت نمونه B دو برابر غلظت نمونه A است. بنابراین، شدت نور نمونه

1- Certificated Reference Material
2- Polystyrene latex
3- Mie

B دو برابر شدت نمونه A است.



الف- نمونه A **ب- نمونه B**

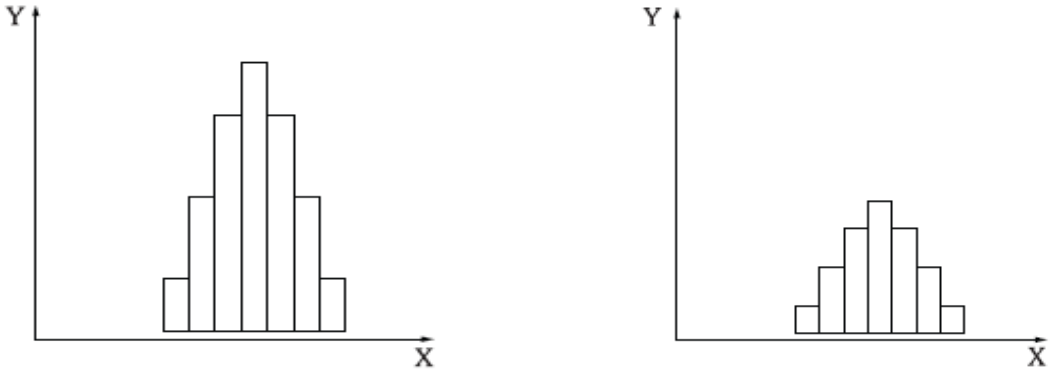
راهنما:

X تعداد عنصر حسگر

Y شدت نور پراکنده

شکل الف-۱- الگوی توزیع شدت نور پراکنده

شکل الف-۲، توزیع اندازه ذرات محاسبه‌شده از الگوهای شدت نور پراکنده ارائه شده در شکل الف-۱ را نشان می‌دهد. مقدار ذرات، متناسب با شدت نور پراکنده و غلظت است. هنگامی که هیچ اطلاعاتی از ضریب در مورد رابطه بین مقدار ذرات محاسبه‌شده و غلظت وجود ندارد، واحد محور عمودی شکل در مورد غلظت ذرات ناشناخته است. بنابراین، توزیع اندازه ذرات به‌صورت رابطه بین اندازه ذرات و غلظت بهنجارشده به صورت درصد (٪) را می‌توان نشان داد. اطلاعات مربوط به رابطه بین مقدار ذرات محاسبه‌شده و غلظت، بیان مقدار ذره را به‌صورت غلظت حجمی (µl/ml) یا غلظت عددی (۱۰۰ میلیون در میلی‌لیتر) را امکان‌پذیر می‌کند.



الف- نمونه A **ب- نمونه B**

راهنما:

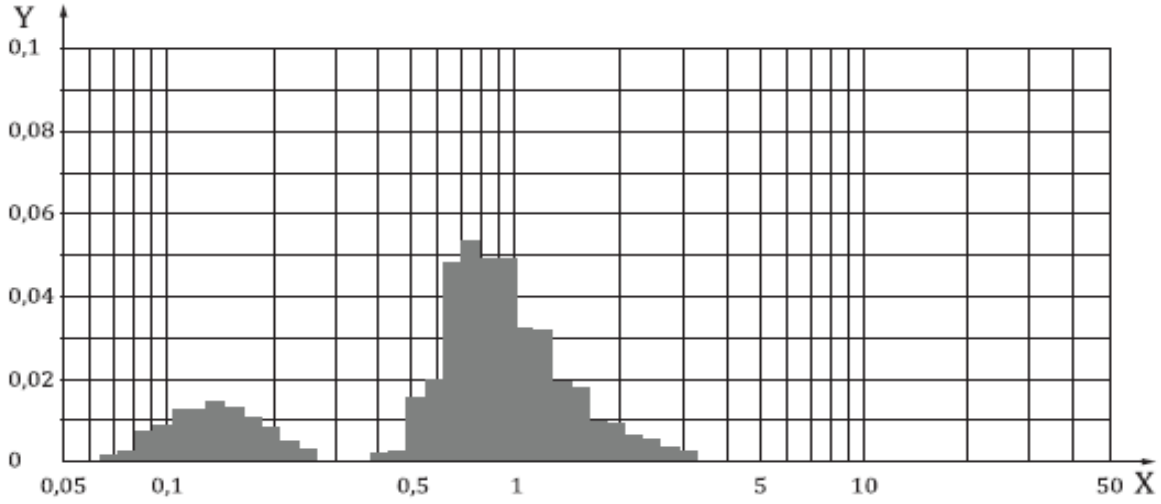
X اندازه ذره

Y مقدار ذرات متناسب با غلظت

شکل الف ۲- توزیع اندازه ذرات متناسب با غلظت

الف- ۳ نمونه‌ای از نتایج اندازه‌گیری توزیع اندازه ذرات به‌صورت رابطه اندازه ذرات و تعداد و غلظت حجمی

شکل الف-۳، توزیع اندازه مبتنی بر حجم و شکل الف-۴ توزیع اندازه مبتنی بر تعداد را نشان می‌دهد.

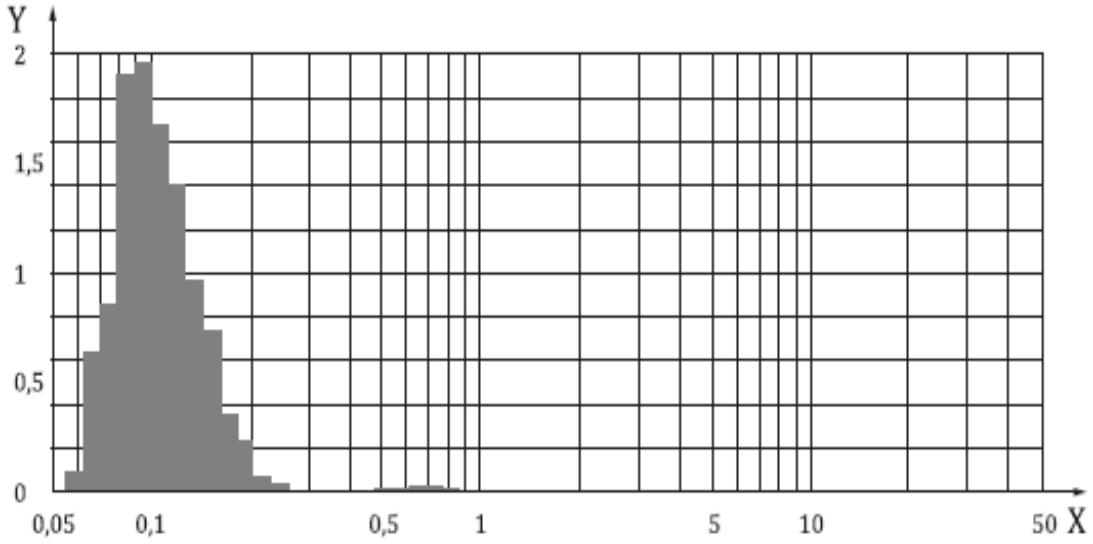


راهنما:

X اندازه ذرات یا اندازه حباب (µm)

Y ΔQ_3 غلظت حجمی (µl/ml)

شکل الف-۳- نمونه‌ای از توزیع اندازه مبتنی برحجم به‌صورت رابطه بین اندازه و غلظت حجمی



راهنما:

X اندازه ذرات یا اندازه حباب (µm)

Y ΔQ_0 غلظت عددی (۱۰۰/ml میلیون)

شکل الف-۴- نمونه‌ای از توزیع اندازه مبتنی بر تعداد به‌صورت رابطه بین اندازه و غلظت عددی

داده‌های توزیع اندازه نشان داده‌شده در شکل الف-۳ و شکل الف-۴، از همان داده‌های شدت نور پراکنده آشکارسازی‌شده به‌وسیله دستگاه اندازه‌گیری براساس روش پراش لیزری محاسبه می‌شوند. بنابراین، این دو داده توزیع اندازه معادل هستند، اما برداشت‌های ناشی از بعد حجم و تعداد می‌تواند بسیار متفاوت باشد.

کتاب‌نامه

[1] Totoki S., Yamamoto G., Tsumoto K., Uchiyama S., Fukui K., Quantitative laser diffraction method for the assessment of protein subvisual particles. J. pharm. Sci. 2015, 104 pp. 618–626