

تماس تلفنی جهت دریافت مشاوره:

۱. مشاور دفتر تهران (آقای محسن ممیز)

تلفن: ۰۹۱۲ ۹۶۳ ۹۳۳۶

۲. مشاور دفتر اصفهان (سرکار خانم لیلاممیز)

تلفن: ۰۹۱۳ ۳۲۲ ۸۲۵۹



مجموعه سیستم مدیریت ایزو با هدف بهبود مستمر عملکرد خود و افزایش رضایت مشتریان سعی بر آن داشته، کلیه استانداردهای ملی و بین المللی را در فضای مجازی نشر داده و اطلاع رسانی کند، که تمام مردم ایران از حقوق اولیه شهروندی خود آگاهی لازم را کسب نمایند و از طرف دیگر کلیه مراکز و کارخانه جات بتوانند به راحتی به استانداردهای مورد نیاز دسترسی داشته باشند.

این موسسه اعلام می دارد در کلیه گرایشهای سیستم های بین المللی ISO پیشگام بوده و کلیه مشاوره های ایزو به صورت رایگان و صدور گواهینامه ها تحت اعتبارات بین المللی سازمان جهانی IAF و تامین صلاحیت ایران می باشد.

هم اکنون سیستم خود را با معیارهای جهانی سازگار کنید...





INSO

10105-4

1st Revision

2019

Identical with:

ISO 21501-4:

2018

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۱۰۱۰۵-۴
تجدیدنظر اول
۱۳۹۷

تعیین توزیع اندازه ذرات - روش‌های
برهمنش نوری ذرات منفرد - قسمت ۴:
شمارشگر ذرات هوابرد با پراکندگی نوری
برای فضاهای تمیز

Determination of particle size distribution-
Single particle light interaction methods-
Part 4: Light scattering airborne particle
counter for clean spaces

ICS:19.120

سازمان ملی استاندارد ایران

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

صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۱۳۹ تهران- ایران

تلفن: ۸۸۸۷۹۴۶۱-۵

دورنگار: ۸۸۸۸۷۱۰۳ و ۸۸۸۸۷۰۸۰

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۳۱۵۸۵-۱۶۳ کرج - ایران

تلفن: ۰۲۶ (۳۲۸۰۶۰۳۱-۸)

دورنگار: ۰۲۶ (۳۲۸۰۸۱۱۴)

رایانمۀ: standard@isiri.gov.ir

وبگاه: <http://www.isiri.gov.ir>

Iranian National Standardization 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@isiri.gov.ir

Website: <http://www.isiri.gov.ir>

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به 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 منصفانه 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 کمیته ملی مرتبط با آن رشتہ 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 می‌کند در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته 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)^۱، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ 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 درجه بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرگانی، 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، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یک‌ها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانیها 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 for Legal Metrology (Organisation Internationale de Métrologie Legale)

4- Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«تعیین توزیع اندازه ذرات - روش های برهم کنش نوری ذرات منفرد - قسمت ۴: شمارشگر ذرات
هوابرد با پراکندگی نوری برای فضاهای تمیز»

سمت و/یا محل اشتغال:

رئیس:

هیأت علمی - دانشگاه شهید چمران اهواز

صبائیان، محمد

(دکتری لیزر)

دبیر:

معاون استانداردسازی و آموزش - اداره کل استاندارد استان

خوشنام، فرزانه

خوزستان

(دکتری شیمی تجزیه)

اعضا: (اسمی به ترتیب حروف الفبا)

کارشناس مسئول - اداره کل محیط زیست خوزستان

آذریان، علیرضا

(کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست)

کارشناس - آزمایشگاه مرکزی دانشگاه شهید چمران اهواز

بشناوه، حبیب

(کارشناسی ارشد فیزیک)

کارشناس مسئول - اداره کل هواشناسی خوزستان

پاشنه ساز، زهره

(کارشناسی ارشد فیزیک)

هیأت علمی - دانشگاه شهید چمران اهواز

زرگر، بهروز

(دکتری شیمی تجزیه)

کارشناس - آزمایشگاه مرکزی دانشگاه شهید چمران اهواز

سعادتمند، سارا

(کارشناسی ارشد فیزیک)

هیأت علمی - دانشگاه شهید چمران اهواز

منصوری، بهزاد

(دکتری آمار)

مدیر کنترل کیفیت - شرکت برنامه آزمون پارس

نجاتیان، مرضیه

(کارشناسی فیزیک)

ویراستار: سمت و/یا محل اشتغال:

شيخ، محمد اسماعيل
رئیس - اداره استاندارد دزفول
(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ز	پیش‌گفتار
ز	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	-۲ مراجع الزامی
۲	-۳ اصطلاحات و تعاریف
۴	-۴ اصول آزمون
۴	-۵ پیکربندی آزمون
۵	-۶ الزامات
۸	۷ روش اجرایی آزمون و کالیبراسیون
۱۷	پیوست الف (آگاهی‌دهنده) کارآیی شمارش
۲۰	پیوست ب (آگاهی‌دهنده) تفکیک‌پذیری اندازه
۲۱	پیوست پ (آگاهی‌دهنده) شمارش نادرست
۲۳	پیوست ت (آگاهی‌دهنده) نرخ پاسخ
۲۴	پیوست ث (آگاهی‌دهنده) روش اجرایی برای ارزیابی عدم قطعیت نتایج آزمون‌های کارکردی

پیش‌گفتار

استاندارد «تعیین توزیع اندازه ذرات- روش‌های نوری ذرات منفرد- قسمت ۴: شمارشگر ذرات هوابرد با پراکندگی نوری برای فضاهای تمیز» که نخستین بار در سال ۱۳۸۶ تدوین و منتشر شد، بر اساس پیشنهادهای دریافتی و بررسی و تأیید کمیسیون‌های مربوط برای اولین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در سیصد و هشتاد و یکمین اجلاسیه کمیته ملی استاندارد اندازه‌شناسی، اوزان و مقیاس‌ها مورخ ۱۳۹۷/۱۱/۱۴ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

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

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شماره ۴-۱۰۱۰۵: سال ۱۳۸۶ می‌شود.

منبع و مأخذی که برای تهیه و تدوین این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ISO 21501-4: 2018, Determination of particle size distribution -- Single particle light interaction methods -- Part 4: Light scattering airborne particle counter for clean spaces

مقدمه

این استاندارد یک قسمت از مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۱۰۱۰۵ است.

قسمت دیگر این استاندارد به شرح زیر است:

- قسمت ۱: طیف سنج پراکندگی نور آیروسل

- قسمت ۲: شمارشگر ذره مایع با پراکندگی نوری

- قسمت ۳: شمارشگر ذره مایع با خامورشی نوری

تعیین توزیع اندازه ذرات - روش‌های برهمکنش نوری ذرات منفرد - قسمت ۴: شمارشگر ذرات هوابرد با پراکنده‌گی نوری برای فضاهای تمیز

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روش کالیبراسیون و تصدیق برای شمارشگر ذرات هوابرد با پراکنده‌گی نوری (LSAPC)^۱ است که برای اندازه‌گیری توزیع اندازه و تراکم تعداد ذره از ذرات معلق در هوا استفاده می‌شود. روش پراکنده‌گی نوری شرح داده شده در این استاندارد، بر مبنای اندازه‌گیری‌های ذره منفرد می‌باشد. گستره اندازه ذرات نوعی اندازه‌گیری شده با این روش بین $0.1 \mu\text{m}$ و $10 \mu\text{m}$ است.

دستگاه‌هایی که با این استاندارد انطباق دارند، برای طبقه‌بندی تمیزی هوا در اتاق‌های تمیز و محیط‌های کنترل شده وابسته، مطابق با استانداردهای ISO 14644-1 و ISO 14644-2 و همچنین اندازه‌گیری تعداد و توزیع اندازه ذرات در محیط‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند.

این استاندارد برای موارد زیر کاربرد دارد:

- خطای تنظیم اندازه؛
- کارایی شمارش؛
- تفکیک‌پذیری اندازه؛
- شمارش نادرست؛
- بیشینه تراکم تعداد ذره؛
- خطای نرخ جریان نمونه‌برداری؛
- خطای زمان نمونه‌برداری؛
- نرخ پاسخ؛
- بازه کالیبراسیون؛
- گزارش نتایج از آزمون و کالیبراسیون.

۲ مراجع الزامی

در این استاندارد هیچ مرجع الزامی تعریف نشده است.

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌روند.^۱

۱-۳

ذره کالیبراسیون

calibration particle

ذره کروی تک پراکنی^۲ با متوسط اندازه ذره گواهی شده، مانند ذره لاتکس پلی استایرن (PSL)^۳ که اندازه گواهی شده با یکاهای سیتم بین‌المللی اندازه‌گیری (SI) قابل رویابی است و دارای عدم‌قطعیت نسبی استاندارد معادل یا کمتر از ۲/۵٪ و ضریب شکست تقریبی ۱۵۹ در طول موج ۵۸۹ nm (خط D سدیم) می‌باشد.

۲-۳

کارایی شمارش

counting efficiency

نسبت تعداد تراکم اندازه‌گیری شده به‌وسیله شمارشگر ذره هوابرد با پراکنده‌گی نوری (LSAPC) (زیربند ۴-۳)، به مقدار اندازه‌گیری شده به‌وسیله دستگاه مرجع برای همان آزمون آئروسل (هواویز) است.

۳-۳

شمارش نادرست

false count

شمارش ظاهری^۴ بر حجم واحد هنگامی که هوای نمونه حاوی هیچ ذره قابل اندازه‌گیری نبوده و به‌وسیله شمارشگر ذره هوابرد با پراکنده‌گی نوری اندازه‌گیری می‌شود.

۴-۳

شمارشگر ذره هوابرد با پراکنده‌گی نوری LSAPC

light scattering airborne particle counter

دستگاهی که تعداد ذرات هوابرد را به‌وسیله شمارش پالس‌ها به عنوان ذرات عبوری از میان حجم محفظه اندازه‌گیری^۱ و همچنین اندازه ذرات را به‌وسیله شدت نور پراکنده شده، اندازه‌گیری می‌کند.

۱- اصطلاحات و تعاریف به کار رفته در استانداردهای ISO و IEC در وبگاه‌های www.electropedia.org/ و www.iso.org/obp قابل دسترس است.

2- Monodisperse

3- Polystyrene latex

4- Apparent count

یادآوری- اندازه ذره نوری اندازه‌گیری آشده بهوسیله LSAPC پراکنندگی نور معادل اندازه ذره و نه اندازه هندسی آن است.

۵-۳

**آنالیزکننده ارتفاع پالس
PHA**

pulse height analyser

دستگاهی که توزیع ارتفاعهای پالس را آنالیز می‌کند.

۶-۳

size resolution

اندازهای از توانایی دستگاه در تشخیص بین ذرات با اندازه‌های مختلف است.

۷-۳

کاهش انطباق

coincidence loss

کاهش شماره ذره که بهوسیله عبور کردن همزمان چند ذره از میان حجم محفظه اندازه‌گیری و/یا بهوسیله زمان پردازش متناهی سیستم الکترونی ایجاد می‌شود.

۸-۳

آئروسل آزمون

test aerosol

آئروسل مورد استفاده برای کالیبراسیون یا آزمون شمارشگر ذره هوابرد با پراکنندگی نوری (LSAPC) (زیربند ۳-۴) که از ذرات کالیبراسیون (زیربند ۳-۱) معلق در هوا تمیز تشکیل شده است.

۹-۳

بیشینه خطای مجاز

حد خطأ

MPE

maximum permissible error

limit of error

مقدار نهایی خطای اندازه‌گیری با درنظر گرفتن مقدار کمیت مرجع معلوم، که بهوسیله مشخصات یا قوانین برای یک اندازه‌گیری مشخص، دستگاه اندازه‌گیری یا سیستم اندازه‌گیری مجاز می‌باشد.

یادآوری- هنگامی که عدم قطعیت‌های نسبی نتایج آزمون به صورت درصد گزارش شده‌اند، این استاندارد از اعداد اعشاری برای الزامات MPE بهمنظور اجتناب از اختشاش که ممکن است ایجاد شود، استفاده می‌کند.

۴ اصول آزمون

اصل اندازه‌گیری LSAPC براساس آشکارسازی نور پراکنده شده بهوسیله ذرات هنگام عبور ذره از میان پرتو نور تابشی است.

اندازه ذره از شدت نور پراکنده شده و تعداد ذرات از تعداد پالس‌های نور پراکنده شده بهوسیله ذرات مجراء، تعیین می‌شود.

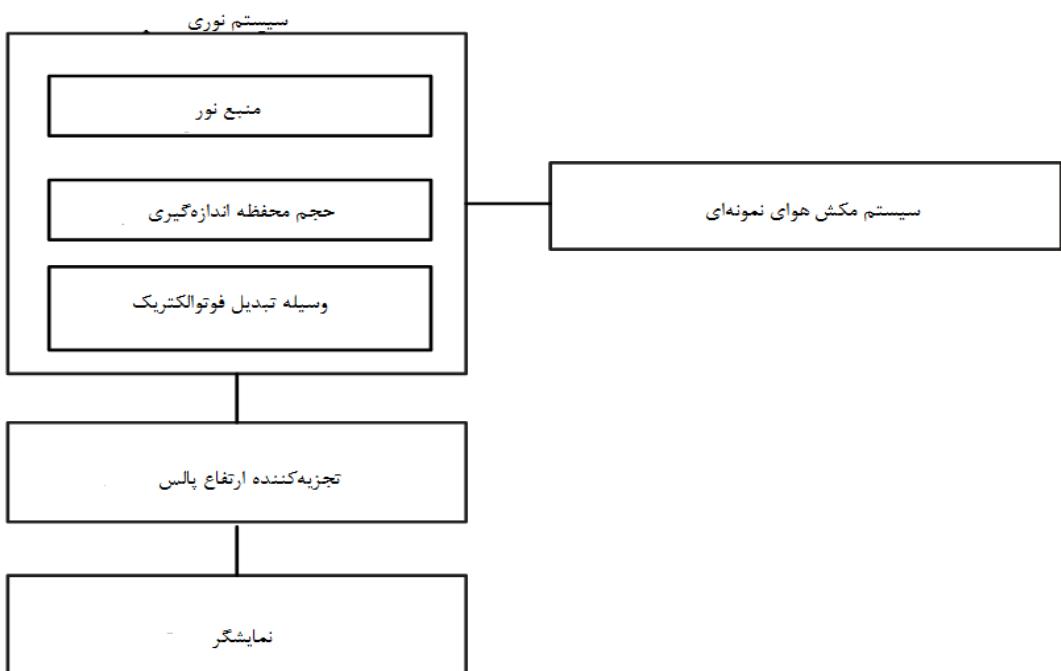
برای تشخیص بهتر، هوای نمونه از ورودی LSAPC با نرخ جریان ثابت کشیده می‌شود و به حجم محفظه اندازه‌گیری LSAPC، جایی که پرتو نور تابش شده، وارد می‌شود. هنگامی که ذره معلق شده در هوای نمونه از پرتو نور عبور می‌کند، نور را پراکنده کرده و یک پالس نوری نشر می‌کند.

پالس نور بهوسیله یک آشکارساز نوری تشخیص داده شده و به پالس الکتریکی تبدیل می‌شود. ارتفاع پالس الکتریکی متناسب با شدت نور پراکنده شده است و به طراحی سیستم نوری، اجزای الکترونیکی مورد استفاده و منبع نور بستگی دارد. شدت نور پراکنده شده به اندازه، ضریب شکست و شکل ذره بستگی دارد. اگر ذره کروی باشد، شدت نور پراکنده شده توسط تئوری می^۱ توصیف می‌شود. بهمنظور برقراری رابطه‌ای بین ارتفاع پالس الکتریکی و اندازه ذره، کالیبراسیون هر LSAPC با استفاده از ذراتی که اندازه آنها به خوبی تعریف شده، ضریب شکست و شکل، لازم است.

۵ پیکربندی اصلی

یک LSAPC نوعی از منبع نور، سیستم مکش هوای نمونه، حجم محفظه اندازه‌گیری، دستگاه تبدیل فتوالکتریک، آنالیز کننده ارتفاع پالس و نمایشگر (به شکل ۱ مراجعه شود) تشکیل شده است. بعضی از LSAPC‌ها دارای سیستم مکش هوای نمونه و/یا نمایشگر نیستند.

بهمنظور فراهم کردن کالیبراسیون اندازه ذره، توصیه می‌شود LSAPC به گونه‌ای ساخته شود که توزیع‌های ارتفاع پالس برای کالیبراسیون ذرات را بتوان اندازه‌گیری کرد.



شکل ۱- مثالی از پیکربندی اصلی LSAPC

۶ الزامات

۱-۶ خطای تنظیم اندازه

بیشینه خطای مجاز در کمینه اندازه‌های قابل تشخیص و اندازه‌های دیگر مشخص شده توسط سازنده 10% می‌باشد (منتظر با $\pm 10\%$ اندازه مشخص شده). تنظیم اندازه باید قبل از ارسال LSAPC از سازنده و هنگامی که خطای تنظیم اندازه در کالیبراسیون تناوبی برآورده نشده باشد، انجام شود.

یک روش اجرایی پیشنهادی برای تنظیم اندازه در زیربند ۲-۱-۷ توضیح داده شده است. اگر روش‌های دیگر مورد استفاده قرار گیرند، عدم قطعیت آن‌ها باید مورد ارزیابی قرار گرفته و شرح داده شود.

۲-۶ کارآیی شمارش

کارآیی شمارش باید در محدوده $0,30 \pm 0,070$ تا $(50 \pm 20)\%$ برای ذرات کالیبراسیون با اندازه نزدیک به کمینه اندازه قابل تشخیص ذره بوده و باید در محدوده $0,90 \pm 0,110$ تا $(100 \pm 10)\%$ برای ذرات کالیبراسیون با اندازه $1/5$ تا 2 برابر بزرگ‌تر از کمینه اندازه قابل تشخیص ذره باشد.

هنگامی که ذرات کالیبراسیون با دقیقاً همان اندازه از کمینه اندازه قابل تشخیص ذره در دسترس نباشد، ذراتی که اندازه آن‌ها در محدوده $5 \pm 5\%$ از کمینه اندازه قابل تشخیص ذره است، می‌تواند استفاده شود و قطر ذرات کالیبراسیون باید گزارش شود.

۳-۶ تفکیک‌پذیری اندازه

تفکیک‌پذیری اندازه باید برابر یا کمتر از 15% (منتظر با 15% اندازه ذره مشخص شده) هنگامی که با استفاده از ذرات کالیبراسیون از یک اندازه مشخص شده میانگین گواهی شده توسط سازنده ارزیابی می‌شود، باشد.

۴-۶ شمارش نادرست

شمارش نادرست برحجم بر حسب مترمکعب و 95% حد اطمینان بالایی (UCL) باید مطابق با زیربند ۴-۷ اندازه‌گیری شود. 95% حد اطمینان بالایی باید کمتر یا برابر با مقدار مشخص شده و گزارش شده بهوسیله سازنده LSAPC باشد.

۵-۶ بیشینه تراکم تعداد ذرات

بیشینه تراکم تعداد ذره قابل اندازه‌گیری باید توسط سازنده مشخص شود. کاهش انطباق در بیشینه تراکم تعداد ذرات یک LSAPC باید کمتر یا برابر با 10% باشد. یادآوری - احتمال وقوع کاهش انطباق با افزایش تراکم تعداد ذرات افزایش می‌یابد.

۶-۶ خطای نرخ جریان نمونه‌برداری

بیشینه خطای مجاز نرخ جریان نمونه‌برداری حجمی مطابق با زیربند ۶-۷ در مقایسه با نرخ جریان مشخص شده توسط سازنده باید 5% (منتظر با 0.5%) نرخ جریان مشخص شده باشد.

۷-۶ خطای زمان نمونه‌برداری

بیشینه خطای مجاز در مدت زمان نمونه‌برداری باید 1% (منتظر با 0.1%) مقدار از قبل تنظیم شده باشد. اگر LSAPC، سیستم کنترل زمان نمونه‌برداری نداشته باشد، این زیربند کاربرد ندارد.

۸-۶ نرخ پاسخ

نرخ پاسخ LSAPC به دست آمده مطابق روش آزمون ارائه شده در زیربند ۸-۷، باید برابر یا کمتر از 5% (منتظر 0.5%) باشد.

۹-۶ بازه کالیبراسیون

توصیه می‌شود کالیبراسیون LSAPC در بازه برابر یا کمتر از یک سال انجام شود. توصیه می‌شود الزامات در بازه کالیبراسیون برآورده شوند.

۱۰-۶ گزارش آزمون و نتایج کالیبراسیون

گزارش آزمون باید شامل حداقل اطلاعات زیر باشد:

- الف- زمان آزمون/کالیبراسیون؛
- ب- ذرات آزمون/کالیبراسیون استفاده شده؛
- پ- نتایج پارامترها:
 - ۱- خطای تنظیم اندازه؛
 - ۲- کارآیی شمارش؛
 - ۳- خطای نرخ جریان نمونه برداری؛
 - ۴- تفکیک پذیری اندازه (با اندازه ذره استفاده شده)؛
 - ۵- شمارش نادرست؛
- ت- مقادیر ولتاژ آستانه یا کانال‌های یک آنالیزکننده ارتفاع پالس درونی (PHA)^۱ مطابق با تنظیم اندازه؛
- ث- بیان روش آزمون/کالیبراسیون استفاده شده (با ارجاع به این استاندارد)؛
- ج- شناسایی گزارش / گواهی نامه، محل آزمون/کالیبراسیون، عنوان و شناسایی تهیه کننده آزمون/کالیبراسیون شامل امضا و تاریخ؛
- چ- شناسایی مشتری و وسیله تحت آزمون، از جمله چگونگی خروجی به دست آمده برای شمارش کارآیی (به عنوان مثال، خروجی آنالوگ، دیجیتال یا نمایش)؛
 - یک گواهی کالیبراسیون باید شامل موارد زیر باشد:
- ح- شناسایی و در صورت امکان بیان قابلیت ردیابی اندازه‌شناختی تمامی تجهیزات مرجع و ذرات کالیبراسیون استفاده شده؛
- خ- شرایط محیطی مرتبط (به عنوان مثال دما، فشار هوا و رطوبت) که تحت آن کالیبراسیون انجام شده؛
- د- عدم قطعیت بیان شده برای هر نتیجه برای پارامترهای ۱ تا ۴ با ارجاع به روش محاسبه (به عنوان مثال راهنمای ISO/IEC 98-3) - پیوست ث شامل روش‌های اجرایی برای ارزیابی عدم قطعیت نتایج حاصل از آزمون‌های کارکردی توصیه شده در این استاندارد برای پارامترهای ۱ و ۲؛
- ذ- شمارش نادرست گزارش شده در حد اطمینان٪ ۹۵ (به پیوست پ مراجعه شود).

یادآوری - گواهی نامه‌های کالیبراسیون صادر شده توسط آزمایشگاه‌های تایید صلاحیت شده ISO/IEC 17025 و پوشش دادن همه نتایج برای پارامترهای ۱ تا ۵ مطابق با الزامات بالا در نظر گرفته شوند.

۷ روش‌های اجرایی آزمون و کالیبراسیون

۱-۷ تنظیم اندازه

۱-۱-۷ ارزیابی خطای تنظیم اندازه

خطای تنظیم اندازه، ϵ ، را مطابق با فرمول ۱ محاسبه کنید.

$$\epsilon = \frac{x_i' - x_i}{x_i} \quad (1)$$

که در آن:

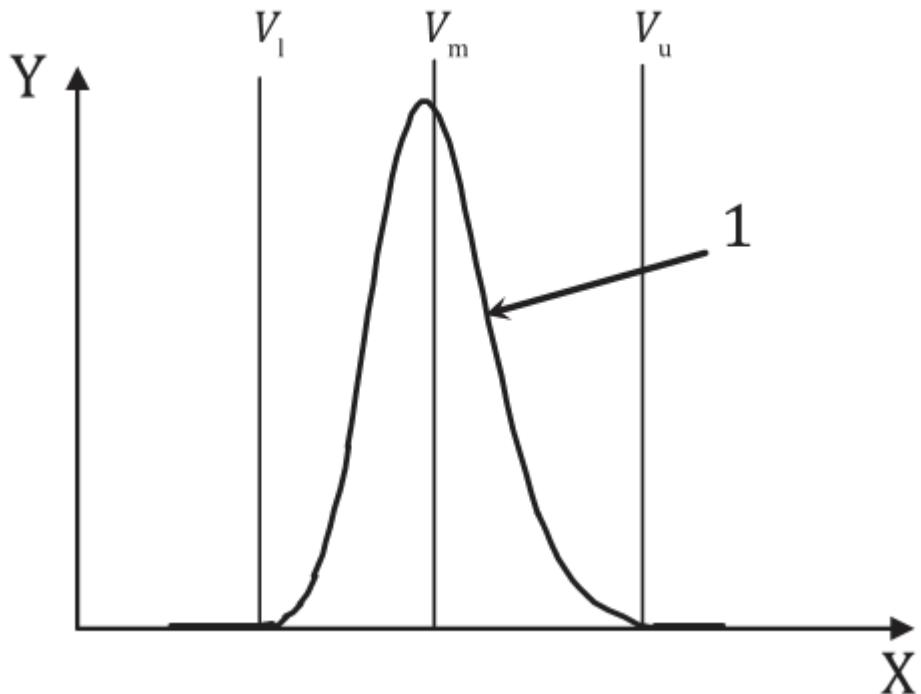
x_i مقدار تنظیم اندازه مشخص شده برای LSAPC؛

x_i' مقدار تنظیم اندازه واقعی متناظر با V_{ti} (به زیربند ۱-۷-۲ مراجعه شود).

۲-۱-۷ روش اجرایی تنظیم اندازه

با استفاده از یک PHA متصل به ترمینال خروجی برای پالس‌های سیگنال LSAPC یا با استفاده از یک PHA درونی درصورتی که یکی از اجزا LSAPC باشد، توزیع ارتفاع پالس را برای یک آئروسل آزمون که در آن ذرات کالیبراسیون به حالت تعليق درآمده، به دست آورید. V_1 و V_u به ترتیب، محدوده ولتاژ پایینی و بالایی، از گستره ارتفاع پالس برای ذرات کالیبراسیون را نشان می‌دهند (به شکل ۲ مراجعه شود). ولتاژ میانه V_m توزیع ارتفاع پالس در گستره V_1 تا V_u باید محاسبه شده و به اندازه گواهی شده ذرات کالیبراسیون، x_c ، اختصاص یابد.

هنگامی که از PHA درونی استفاده می‌شود، محور افقی توزیع ارتفاع پالس ممکن است به جای ولتاژ به تعداد کانال داده شود. در این حالت، عبارت «ولتاژ» بالا و در توضیحات مربوطه در زیر بهتر است به صورت تعداد کانال PHA تفسیر شود.

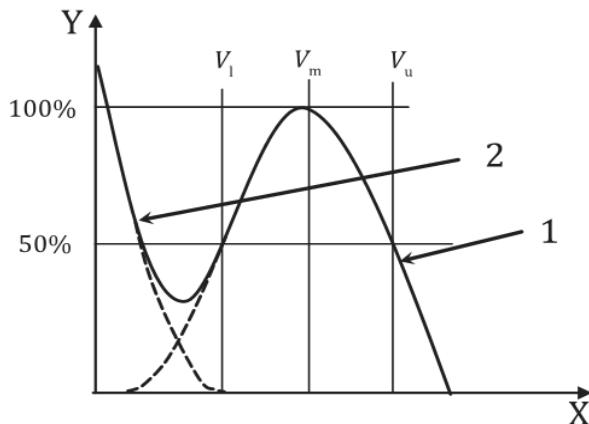


راهنما:

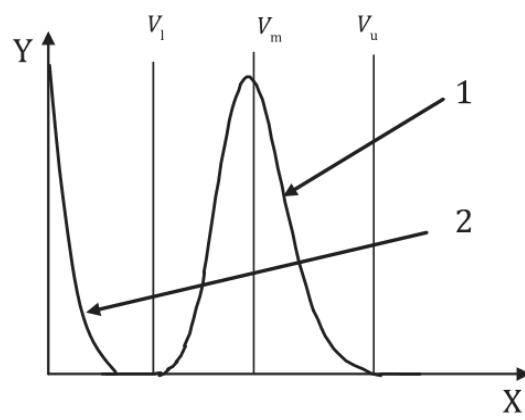
ولتاژ ارتفاع پالس	X
فرکانس	Y
توزیع ارتفاع پالس	1
حد ولتاژ پایینی	V_l
ولتاژ میانه	V_m
حد ولتاژ بالای	V_u

شکل ۲ - توزیع ارتفاع پالس برای آئروسل آزمون

در صورتی که توزیع نوفه در توزیع ارتفاع پالس مشاهده شود و اگر به طور واضح از یک اصلی متناظر با ذرات کالیبراسیون جدا شود، ولتاژهای V_l و V_u باید به گونه‌ای انتخاب شوند که گستره (V_l و V_u) فقط یک اصلی را شامل شوند (به شکل الف از شکل ۳ مراجعه شود). اگر توزیع نوفه با یک اصلی همپوشانی داشته باشد V_l و V_u باید به گونه‌ای انتخاب شوند که گستره (V_l و V_u) متناظر با پهنه‌ای کامل در بیشینه ارتفاع یک اصلی باشد (به شکل ب از شکل ۳ مراجعه شود). روش دوم برای تعیین V_l و V_u فقط زمانی مجاز است که ارتفاع دره بین توزیع نوفه و یک اصلی در حداقل نصف ارتفاع یک اصلی باشد.



شکل ب



شکل الف

راهمنما:

X ولتاژ ارتفاع پالس

Y فرکانس

1 توزیع ارتفاع پالس برای ذرات کالیبراسیون

2 توزیع نوشه (باقیمانده تبخیر و/یا نوشهای الکتریکی یا نوری)

V_l حد ولتاژ پایین‌تر

V_m حد ولتاژ میانه

V_u حد ولتاژ بالایی

شکل ۳ - توزیع ارتفاع پالس برای آئروسل آزمون هنگام وجود نوشه

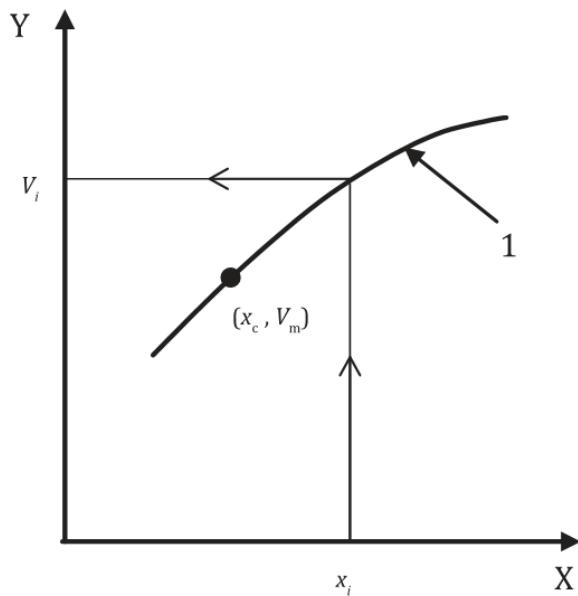
با استفاده از زوج مرتب (V_m, x_i) به دست آمده از این روش، یا چند زوج مرتب (V_{mj}, x_{cj}) ($j=1,2,\dots$) به دست آمده به طور مشابه برای ذرات کالیبراسیون چندگانه، مقادیر ولتاژ (V_i) ($i=1,2,\dots$) متناظر با تنظیمات اندازه (یا اندازه‌های آستانه) x_i به عنوان مشخصات LSAPC در نظر گرفته می‌شود. (به شکل ۴ مراجعه شود). در این تعیین، یک منحنی پاسخ نظری بر مبنای تئوری می، می‌تواند برای محاسبه V_i از V_m مشاهده شده به طور تجربی استفاده شود.

V_{ti} ولتاژ آستانه قابل تنظیم متناظر با x_i را نشان می‌دهد. برای تمام تنظیمات اندازه x_i مقدار V_{ti} را به تنظیم کنید.

یادآوری ۱- هنگامی که مجموعه پارامتر تعريف سیستم نوری LSAPC در دسترس باشد، منحنی پاسخ را می‌توان با توجه به تئوری می محاسبه کرد. اگر مجموعه پارامتر سیستم نوری در دسترس نباشد، منحنی پاسخ در مجاورت x_i هنوز هم می‌تواند به صورت تجربی با برآش یکتابع ساده تعیین شود، به عنوان مثال مربعی یا مکعبی، چندجمله‌ای، چند زوج مرتب (V_{mj}, x_{cj}) به دست آمده برای x_{cj} در هر یک از هر دو طرف x_i .

یادآوری ۲- روش اجرایی مشروح برای تعیین V_i می‌تواند بسته به مدل LSAPC متفاوت باشد.

یادآوری ۳- V_{ti} می‌تواند ولتاژ مجموعه‌ای از مقایسه‌کننده‌های الکتریکی استفاده شده در LSAPC باشد، یا در صورت استفاده از PHA درونی، می‌تواند کanal آستانه PHA درونی باشد که در نظر گرفته شده به x_i اختصاص یابد. به خاطر ساده بودن در توضیحات، فرض می‌شود که مقایسه‌کننده‌های الکتریکی در LSAPC برای بقیه این استاندارد به کار گرفته شده، مگر این که خلاف آن بیان شود.



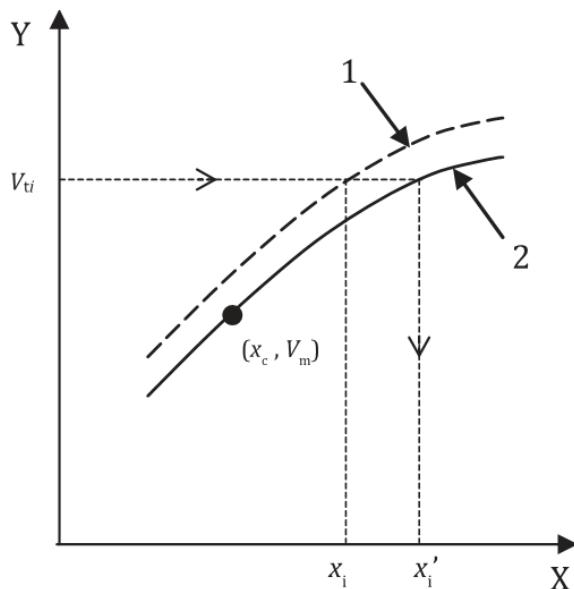
راهنمای:

اندازه ذره	X
ولتاژ ارتفاع پالس	Y
منحنی پاسخ	1
اندازه گواهی شده ذرات کالیبراسیون	x_c
ولتاژ میانه متناظر با	Vm
تنظیم اندازه مشخص شده برای LSAPC	x_i
ولتاژ متناظر با	V_i

شکل ۴ - کالیبراسیون اندازه

مقدار V_{ti} را برای مقایسه کننده الکتریکی LSAPC قرائت کنید. در حالت ایده‌آل، V_{ti} متناظر با x_i است، اما در واقع V_{ti} متناظر با اندازه ذره x_i' است که ممکن است از x_i' متفاوت باشد، به عنوان مثال، تغییر منحنی پاسخ در طول زمان. منحنی پاسخ واقعی را با توجه به روش اجرایی به صورت شرح داده شده در بالا یا روش دیگری که از لحاظ علمی مستند شده است، تعیین کنید و x_i' را با استفاده از این منحنی تعیین کنید (به شکل ۵ مراجعه شود). خطای تنظیم اندازه ϵ را براساس فرمول ۱ بالا محاسبه کنید.

یادآوری ۴ - منحنی پاسخ مورد انتظار در شکل ۵ یک منحنی فرضی است که در آن ولتاژهای آستانه مقایسه کننده الکتریکی V_{ti} ، دقیقاً با آستانه‌های اندازه مشخص شده x_i متناظر هستند.



راهنمای:

اندازه ذره	X
ولتاژ ارتفاع پالس	Y
منحنی پاسخ مورد انتظار	1
منحنی پاسخ واقعی	2
اندازه گواهی شده ذرات کالیبراسیون	x_c
ولتاژ میانه متناظر با	Vm
تنظیم اندازه مشخص شده برای LSAPC	x_i
تنظیم اندازه واقعی متناظر با V_{ti}	x_i'
ولتاژ خوانده شده از مقایسه کننده الکتریکی	V_{ti}

شکل ۵- ارزیابی خطای تنظیم اندازه

۲-۷ ارزیابی کارآیی شمارش

به منظور ارزیابی کارآیی شمارش LSAPC، از دو مجموعه ذرات کالیبراسیونی استفاده کنید: یک اندازه نزدیک به کمینه اندازه قابل تشخیص ذره و دیگری دارای اندازه ۱/۵ تا ۲ برابر بزرگتر از کمینه اندازه قابل تشخیص ذره باشد.

در صورتی که توسط کاربر LSAPC درخواست شده باشد، آزمون با اندازه ذرات دیگر می‌تواند اضافه شود. از یک شمارنده چگالش ذره (CPC)^۱ همراه با یک طبقه‌بندی کننده حرکت الکتریکی (DEMC)^۲ تفاضلی یا LSAPC کالیبره شده به عنوان یک دستگاه مرجع استفاده کنید. کارآیی شمارش دستگاه مرجع باید یک ردیابی اندازه‌شناختی به یک استاندارد ملی یا بین المللی یا سیستم بین المللی یکاها (SI) داشته باشد.

1 - Condensation particle counter

2 - Differential electrical mobility classifier

یادآوری - یک شمارنده چگالش ذره، همچنین به عنوان شمارنده چگالش هسته (CNC)^۱ نامیده می‌شود. تعداد تراکم‌های آثروسل آزمون معلق هر یک از دو نوع ذرات کالیبراسیون با LSAPC تحت آزمون و با دستگاه مرجع (به پیوست الف مراجعه شود) را اندازه‌گیری کنید. سپس کارآیی شمارش را با توجه به فرمول ۲ تعیین کنید:

$$\eta = \frac{C_1}{C_0} \quad (2)$$

که در آن:

η کارآیی شمارش؛

C_0 تراکم تعداد ذرات اندازه‌گیری شده با شمارنده ذرات مرجع؛

C_1 تراکم تعداد ذرات اندازه‌گیری شده با شمارنده ذرات تحت آزمون.

برای چنین اندازه‌گیری‌هایی، بهتر است تراکم تعداد ذرات نمونه آزمون برابر یا کمتر از ۲۵٪ بیشینه تراکم تعداد ذرات LSAPC در شرایط آزمون و دستگاه مرجع باشد.

یادآوری ۲ - هنگامی که تراکم ذرات توسط LSAPC اندازه‌گیری شده است، همان‌طور که معمول است، برای کاهش انطباق تصحیح نمی‌شود و کارآیی شمارش LSAPC بستگی به تراکم تعداد ذره ناشی از کاهش انطباق دارد. اگر بیشینه تراکم تعداد ذره به گونه‌ای تعیین شده که کاهش انطباق در این تراکم $0.1\% / 0.1\%$ است (به زیربند ۵-۶ مراجعه شود)، و کارآیی شمارش η در $0.25\% / 0.25\%$ از این تراکم ارزیابی شده است، بنابراین مقدار به دست آمده از η کمتر از مقداری است که در محدوده تراکم صفر به‌طور تقریبی $0.26\% / 0.26\%$ به دست خواهد آمد.

۳-۷ ارزیابی تفکیک‌پذیری اندازه

تفکیک‌پذیری اندازه، R ، متناظر با LSAPC را با استفاده از فرمول ۳، محاسبه کنید (به پیوست ب مراجعه شود).

$$R = \frac{\sqrt{\sigma^2 - \sigma_c^2}}{x_c} \quad (3)$$

که در آن:

R تفکیک‌پذیری اندازه؛

Σ انحراف استاندارد ظاهری توزیع اندازه ذرات کالیبراسیون مشاهده شده با LSAPC؛

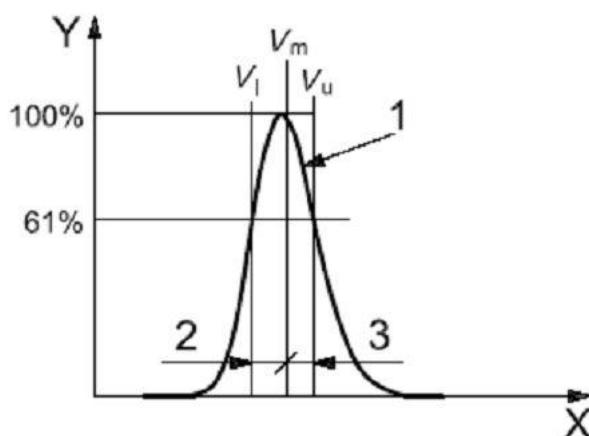
σ_c انحراف استاندارد توزیع اندازه ذرات کالیبراسیون به گزارش سازنده ذرات کالیبراسیون؛

x_c اندازه متوسط ذرات کالیبراسیون گواهی شده.

بادآوری - به علت عدم قطعیت در تعیین σ_c و σ ، σ^2 ممکن است در بعضی موارد کمتر از σ_c^2 باشد، در این موارد مقدار R به عنوان صفر در نظر گرفته می‌شود.

در این آزمون بهتر است از اندازه ذره کالیبراسیون پیشنهاد شده توسط سازنده LSAPC استفاده شود. توصیه می‌شود انحراف استاندارد ذرات کالیبراسیون، V_m ، شناخته شود. توصیه می‌شود ولتاژ میانه (یا کanal) V_m توزیع ارتفاع پالس برای ذرات کالیبراسیون، همان‌طور که در شکل ۶ نشان داده شده است، مطابق با روش مندرج در زیربند ۱-۷ تعیین شود.

حد ولتاژ پایینی، V_l ، و حد ولتاژ بالایی، V_u ، را تعیین کنید که متضایر با٪ ۶۱ از ارتفاع پیک در توزیع ارتفاع پالس است. با استفاده از منحنی کالیبراسیون، اندازه‌های ذرات x_1 و x_u را به ترتیب متضایر با V_l و V_u تعیین کنید. مقدار مطلق تفاوت، $|x_u - x_c|$ و $|x_1 - x_c|$ ، محاسبه کنید که x_c اندازه گواهی شده ذرات کالیبراسیون است. انحراف استاندارد ظاهربهی، σ ، باید برابر با مقدار بزرگتر از $|x_u - x_c|$ و $|x_1 - x_c|$ باشد.



راهنمای:

ولتاژ ارتفاع پالس (یا کanal)	X
فرکانس	Y
توزیع ارتفاع پالس برای ذرات کالیبراسیون	1
تفکیک‌پذیری طرف پایینی	2
تفکیک‌پذیری طرف بالایی	3
حد ولتاژ پایینی	V_l
ولتاژ میانه	V_m
حد ولتاژ بالایی	V_u

شکل ۶- تصدیق تفکیک‌پذیری اندازه

۴-۷ ارزیابی شمارش نادرست

شمارش ذرات را در کanal اندازه‌گیری که متضایر با کمینه اندازه قابل تشخیص ذره در حجم مشخصی از هوا است با استفاده از هوای محیط با فیلتر در ورودی LSAPC تحت آزمون به دست آورید. سپس٪ ۹۵ UCL

از شمارش نادرست را مطابق روش اجرایی داده شده در پیوست پ محاسبه کنید. شمارش نادرست و٪ ۹۵ UCL را با تقسیم آن‌ها به حجم هوای نمونه تعیین کنید.

۵-۷ برآورد کاهش انطباق در بیشینه تراکم تعداد ذرات

کاهش انطباق با نرخ جریان، زمان لازم برای عبور ذرات از طریق حجم محفظه اندازه‌گیری و زمان پردازش سیگنال الکتریکی تعیین می‌شود. این مقادیر بهوسیله طراحی LSAPC تعیین می‌شود. کاهش انطباق مطابق با فرمول ۴ محاسبه می‌شود.

$$L = 1 - \exp(-q \cdot t_{total} \cdot C_{max}) \quad (4)$$

که در آن:

L کاهش انطباق در بیشینه تراکم تعداد ذرات؛

q نرخ جریان؛

t_{total} زمان گذر از منطقه دریافت به علاوه زمان پردازش الکتریکی، بر حسب ثانیه و C_{max} بیشینه تراکم تعداد ذرات، بر حسب ذره در متر مکعب است.

۶-۷ ارزیابی خطای نرخ جریان نمونه‌برداری

توصیه می‌شود نرخ جریان نمونه‌برداری، با استفاده از جریان‌سنجد با فیلم حباب صابون یا نوع دیگری از جریان‌سنجد که افت فشارکمی دارد، اندازه‌گیری شود. جریان‌سنجد استفاده شده باید داری گواهی نامه کالیبراسیون معتبر باشد. نرخ جریان اندازه‌گیری شده همان نرخ جریان حجمی است. خطای نرخ جریان نمونه‌برداری، ϵ_q ، را با استفاده از فرمول ۵ محاسبه کنید.

$$\epsilon_q = \frac{q_m - q_s}{q_s} \quad (5)$$

که در آن:

ϵ_q خطای نرخ جریان نمونه‌برداری؛

q_s نرخ جریان نمونه‌برداری مشخص شده توسط سازنده؛

q_m نرخ جریان نمونه‌برداری اندازه‌گیری شده.

اگر از جریان‌سنجد جرمی استفاده شود، توصیه می‌شود نرخ جریان به نرخ جریان حجمی در شرایط واقعی، با درنظر گرفتن فشار هوا و دما، تبدیل شود.

۷-۷ ارزیابی خطای زمان نمونه‌برداری

زمان نمونه‌برداری زمانی است که طی آن LSAPC نمونه را (از آغاز شمارش تا پایان آن) اندازه می‌گیرد.

خطای زمان نمونهبرداری، ϵ ، را با استفاده از فرمول ۶ محاسبه کنید.

$$\epsilon_q = \frac{q_m - q_s}{q_s} \quad (6)$$

که در آن:

ϵ_t خطای زمان نمونهبرداری؛

t_0 زمان نمونهبرداری از قبل تنظیم شده تا LSAPC؛

t_m زمان نمونهبرداری اندازهگیری شده.

توصیه می‌شود دستگاه کالیبره شده برای اندازهگیری زمان نمونهبرداری استفاده شود.

۸-۷ ارزیابی نرخ پاسخ

ذرات کالیبراسیون معلق آئروسل آزمون با اندازه $1/5$ برابر بزرگتر از کمینه اندازه قابل تشخیص را وارد LSAPC کنید. تراکم تعداد ذرات آئروسل آزمون بهتر است تقریباً برابر با بیشینه تراکم تعداد ذرات باشد. کanal اندازه برای شمارش ذرات را در کمینه اندازه قابل تشخیص ذرات و LSAPC را برای شمارش انباسته شده تنظیم کنید و LSAPC را به مدت 10 min به کار اندازید.

پس از 10 min کارکردن، تراکم تعداد ذرات را برای دوره t اندازهگیری کنید. مدت زمان t باید برابر یا کوتاهتر از 60 s باشد و شمارش ذرات حاصل از این دوره باید بیشتر از 1000 s باشد (به پیوست ت مراجعه شود). پس از آن، هوای نمونه را از آئروسل آزمون به ذرات عاری از هوای تمیز تغییر دهید. بعد از جابه‌جایی هوای نمونه، 10 s صبر کنید و شمارش ذرات را دوباره شروع کنید. تراکم تعداد ذرات به مدت t را برای هوای تمیز اندازهگیری کنید. نرخ پاسخ، R_r ، را با استفاده از فرمول ۷ محاسبه کنید (به پیوست ت مراجعه شود).

$$R_r = \frac{C_{after}}{C_{before}} \quad (7)$$

که در آن:

R_r نرخ پاسخ؛

C_{before} تراکم تعداد ذرات مشاهده شده قبل از تغییر هوای نمونه؛

C_{after} تراکم تعداد ذرات مشاهده شده بعد از تغییر هوای نمونه؛

پیوست الف

(آگاهی دهنده)

کارآیی شمارش

شکل الف-۱ سیستم آزمون را برای کارآیی شمارش نشان می‌دهد. مولد ذره، آئروسلی حاوی ذرات PSL تک پراکنی معلق شده در هوای پاک تولید می‌کند.

پس از آئروسل کردن تعليق PSL، آئروسل معمولاً حاوی مقادیر کمی از آلاینده‌ها است که می‌تواند اندازه‌گیری کارآیی شمارش را منحرف کند. توصیه می‌شود خطاهای اندازه‌گیری با موارد زیر به حداقل برسند:

- جداسازی ذرات PSL از ذرات سورفاکtant، به عنوان مثال در چند مرحله جداسازی مخلوط/تهنشست در آب فوق خالص قبل از آماده‌سازی تعليق برای تولیدکننده آئروسل؛

- استفاده از تعليق PSL در تولیدکننده آئروسل با غلظت بسیار کم آلاینده‌ها در فاز مایع، به عنوان مثال مقادیر ناچیز نمک در آب فوق خالص، الف- برای بهدست آوردن پسزمنه به اندازه کافی کم از ذرات باقیمانده و ب- جلوگیری از رشد ذرات PSL بهدلیل اتصال آلاینده‌ها پس از تبخیر قطره مایع تعليق؛

- بهینه سازی غلظت ذرات PSL در تعليق برای جلوگیری از انحراف اندازه‌گیری به علت ذرات PSL دوتایی (دو ذره PSL در یک قطره)؛

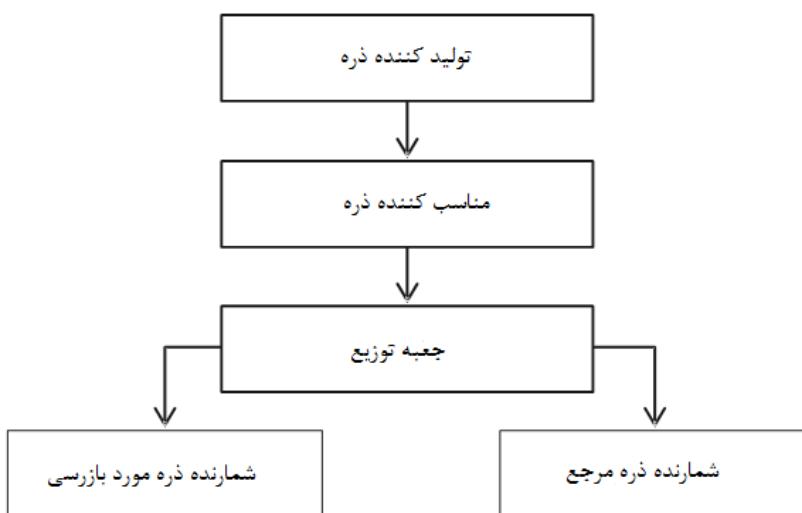
- خشک کردن آئروسل برای حذف تمام مایع تعليق از سطح ذرات PSL و جلوگیری از چگالش بخار مایع مایع تعليق روی ذرات PSL.

پس از خشک شدن آئروسل، طبقه‌بندی کردن اندازه ذرات PSL با DEMC (مقایسه ISO 15900 و ISO 27891) را در صورتی که پسزمنه ذرات باقیمانده نیاز به کاهش بیشتر داشتند، را می‌توان اعمال کرد. این به خصوص اگر الزامات بند ۷ (به شکل ۳ مراجعه شود) قابل اجرا نباشند، ممکن است ضروری باشد.

از آنجایی که آئروسل PSL تولید شده از یک تعليق به طور الکتروستاتیکی باردار شده و حتی ذرات PSL طبقه‌بندی شده با DEMC به صورت تکقطی باردار می‌شوند، مناسب کننده^۱ شارژ انتشار دوقطبی (شناخته شده به عنوان خنثی کننده آئروسل) درستی اندازه‌گیری کارآیی شمارش را با به حداقل رساندن کاهش ذرات در هر دو شمارنده ذرات مورد بازرگانی و شمارنده ذرات مرجع بیشتر افزایش می‌دهد.

پس از تولید و مناسبسازی، آئروسل PSL به شمارنده ذرات مورد بازرگانی و شمارنده ذرات مرجع از طریق وسیله (به عنوان مثال جعبه توزیع، به شکل الف-۱ مراجعه شود) وارد می‌شود که باید به گونه‌ای طراحی شود

که تراکم تعداد ذرات در ورودی هر دو شمارنده ذره تا حد ممکن نزدیک باشد. عدم قطعیت مرتبط با ناهمگنی در تراکم تعداد ذرات باید بر اساس روش شرح داده شده در قسمت (۱) زیربند ۲-۲ ارزیابی شود. کارایی شمارش با محاسبه نسبت تراکم تعداد ذرات اندازه‌گیری شده با شمارنده ذرات در شرایط آزمون و تراکم تعداد ذرات اندازه‌گیری شده با شمارنده ذرات مرجع به دست می‌آید. تراکم تعداد ذرات نمونه بهتر است کمتر از ۲۵٪ بیشینه تراکم تعداد ذرات هر دو شمارنده ذرات مرجع و شمارنده ذرات تحت آزمون باشد.



شكل الف-۱- مثالی از کارایی شمارش سیستم آزمون

روش شرح داده شده در بالا بیشتر برای ذرات PSL کوچکتر از حدود μm ۱ مفید است. اگر کالیبراسیون با ذرات بزرگتر (به عنوان مثال μm ۵) مورد نیاز باشد، ذرات خشک PSL مناسب‌تر هستند. با این وجود، کارایی شمارش می‌تواند به طور معنی‌داری برای ذرات با قطر بزرگتر از μm ۱ کاهش یابد. پودر PSL تک پراکنی، خشک باید عاری از سورفتانات‌ها باشد تا از خطا در هنگام کالیبراسیون جلوگیری شود. پخش کننده پودر خشک، آئروسل کالیبراسیون تولید می‌کند. توزیع آئروسل بین شمارنده ذرات مرجع و شمارنده ذره مورد بازررسی نیاز به توجه ویژه برای ذرات بزرگتر دارد زیرا کاهش ذرات به علت اثر لختی و تهنشست گرانشی مهم است. برای به حداقل رساندن خطاهای:

- از یک لوله توزیع به جای جعبه توزیع استفاده کنید؛
- از پرابهای هم سرعت و هم محور برای استخراج آئروسل کالیبراسیون برای هر دو شمارنده ذره استفاده کنید؛
- از لوله‌های عمودی برای اتصال لوله توزیع با شمارنده‌های ذرات استفاده کنید؛
- اگر نتوان از خم شدن اتصالات لوله اجتناب کرد، از شعاع بزرگ‌انحنا (شعاع بزرگتر بیش از ۱۰ برابر قطر داخلی لوله) استفاده کنید؛

- از لوله فلزی، ساییده شده با سطح داخلی جلا داده شده برای اتصال استفاده کنید؛
- اجتناب از تغییرات در قطر لوله؛ به خصوص از تغییرات گام جلوگیری کنید.

پیوست ب

(آگاهی دهنده)

تفکیک پذیری اندازه

تفکیک پذیری اندازه به عنوان یک انحراف استاندارد از توزیع اندازه ذرات کالیبراسیون تک پراکنی اندازه‌گیری شده تعریف می‌شود و به صورت میانگین اندازه ذرات کالیبراسیون تک پراکنی بیان می‌شود.

اگر توزیع ذرات کالیبراسیون را به صورت توزیع گوسی فرض کنیم

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right] \quad (b-1)$$

که در آن:

$f(x)$ تابع گوسی؛

x اندازه ذره؛

μ مقدار میانگین؛

σ انحراف استاندارد است.

وقتی $\sigma = \pm \sigma$ باشد، نسبت چگالی به بیشینه چگالی به صورت ≈ 0.61 خواهد بود. این بر مبنای استفاده از ۶۱٪ در تعیین تفکیک پذیری اندازه است.

پیوست پ

(آگاهی دهنده)

شمارش نادرست

فرض می‌شود احتمال ظهور شمارش‌های نادرست با توزیع پواسون تعریف شود. توزیع پواسون با معادله پ-۱ تعریف می‌شود:

$$p(X; \lambda) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{X!} \quad (\text{پ-۱})$$

که در آن:

X تعداد شمارش‌های نادرست؛

λ مقدار میانگین جمعیت و

(λ : X) احتمال مشاهده کردن مقدار X از جمعیتی که دارای مقدار میانگین λ می‌باشد.

حد اطمینان بالایی، λ_u ، با معادله پ-۲ تعریف می‌شود:

$$\sum_{x=0}^X P(x; \lambda_u) = \varepsilon \quad (\text{پ-۲})$$

که در آن:

ε سطح معنی‌دار است.

هنگامی که حد اطمینان ۹۵٪ باشد، ε برابر ۰,۰۵ است.

جدول پ-۱ شمارش مشاهده شده و حد اطمینان بالایی ۹۵٪ محاسبه شده را نشان می‌دهد. اگر شمارش مشاهده شده صفر باشد، امکان دارد که تا سه شمارش با احتمال ۵٪ داشته باشیم. به عنوان مثال، اگر شمارش‌های صفر در ۱۵ min در نرخ جریان نمونه‌برداری $28/3 \text{ l/min}$ مشاهده شوند، نرخ شمارش نادرست برابر سه شمارش در حجم نمونه‌برداری شده در ۱۵ min با حد اطمینان ۹۵٪ می‌باشد، و به عبارت دیگر نرخ شمارش نادرست هفت شمارش بر مترمکعب است.

جدول ت-۱- شمارش مشاهده شده و حد اطمینان٪ ۹۵

حد اطمینان بالایی λ_u	شمارش مشاهده شده
۳	۰
۴/۷	۱
۶/۳	۲
۷/۸	۳
۹/۲	۴
۱۰/۵	۵
۱۱/۸	۶
۱۳/۱	۷
۱۴/۴	۸
۱۵/۷	۹
۱۷/۰	۱۰

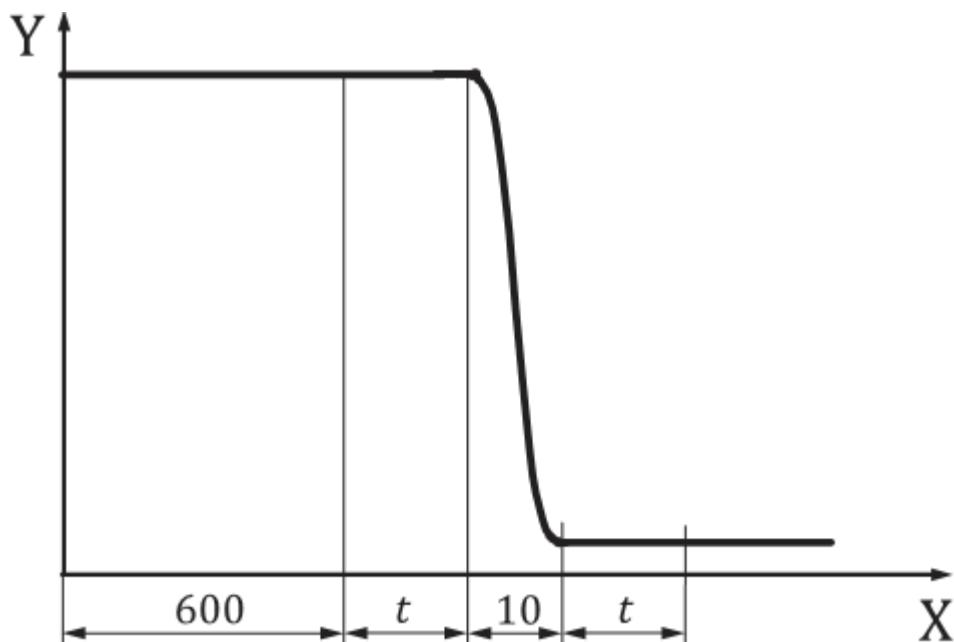
پیوست ت

(آگاهی دهنده)

نرخ پاسخ

آزمون نرخ پاسخ برای ارزیابی نرخ پاسخ LSAPC در شرایطی که هوای نمونه از نمونه دارای تراکم تعداد ذرات بالا به نمونه هوای تمیز تغییر می‌کند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگر جریان هوای حسگر ضعیف باشد، ذرات باقیمانده دلیلی برای نرخ پاسخ ضعیف هستند. اگر از LSAPC به مدت طولانی استفاده شود، احتمال دارد که برخی ذرات در حسگر رسو ب تشکیل دهند.

در این آزمون، نمونه با تراکم تعداد ذرات بالا به مدت 10 min در معرض LSAPC قرار می‌گیرد. سپس ذرات به مدت t ثانیه اندازه‌گیری می‌شوند و سپس، هوای نمونه به هوای تمیز تغییر می‌کند. پس از 10 s ، ذرات مجدداً به مدت t ثانیه اندازه‌گیری می‌شوند. نسبت دو شمارش به مدت t ثانیه نرخ پاسخ است.



راهنمای:	
زمان(ثانیه)	X
تراکم ذره	Y
$t \leq 60 \text{ s}$	t

شکل ت-۱- نرخ پاسخ

پیوست ث

(آگاهی‌دهنده)

روش اجرایی برای ارزیابی عدم قطعیت‌های نتایج آزمون‌های کارکردی

ث-۱ مبنای اندازه‌گیری عدم قطعیت

در این پیوست، یک روش اجرایی توصیه شده برای ارزیابی عدم قطعیت‌های نتایج آزمون‌های مشخص شده در ISO/IEC Zیربندهای ۱-۷ و ۲-۷ (طبق یادآوری ۱) شرح داده شده است. ایده کلی این روش اجرایی مطابق ISO/IEC Guide 98-3 است که به اختصار به شرح زیر خلاصه می‌شود.

مرحله ۱

رابطه بین اندازه‌گیری، y و کمیت ورودی x_i ($i = 1, 2, \dots, N$) را تعیین کنید:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_N) \quad (\text{ث-۱})$$

این رابطه عملکردی، مدل ریاضی اندازه‌گیری (طبق یادآوری‌های ۲ و ۳) نامیده می‌شود.

مرحله ۲

عدم قطعیت استاندارد ($u(x_i)$) کمیت ورودی x_i را با ارزیابی عدم قطعیت نوع A یا B (طبق یادآوری‌های ۴ و ۵) ارزیابی کنید.

مرحله ۳

عدم قطعیت تمام x_i ‌ها را برای به‌دست آوردن عدم قطعیت استاندارد مرکب نتیجه اندازه‌گیری، ($u_c(y)$ ، مطابق با «قانون انتشار عدم قطعیت» (یادآوری‌های ۶ و ۷) ترکیب کنید.

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} u(x_i) \right)^2} \quad (\text{ث-۲})$$

مرحله ۴

در صورت لزوم، عدم قطعیت گسترده U را بر اساس معادله زیر محاسبه کنید:

$$U = k \times u_c(y) \quad (\text{ث-۳})$$

که در آن k عامل پوشش است. در این $d = 2$ به طور مداوم برای سادگی استفاده می‌شود (یادآوری ۸).

یادآوری ۱- اجزای عدم قطعیت که در این پیوست مورد بررسی قرار می‌گیرند متناظر با آزمون‌هایی است که در متن این استاندارد مشخص شده‌اند. این اجرا بهمنظور پوشش عوامل اصلی که می‌تواند بر اندازه‌گیری‌های ذرات در محیط واقعی تاثیر بگذارد در نظر گرفته شده‌اند، اما بهمنظور پوشش همه آن‌ها نیستند. عوامل دیگری که در این پیوست در نظر گرفته نمی‌شوند شامل تفاوت خواص اپتیکی بین ذره‌های آزمون و ذرات در محیط واقعی و عدم قطعیت متناظر با تعیین توابع پاسخ نظری است.

یادآوری ۲- کمیت ورودی یک کمیتی است که مقدار آن برای تعیین نتیجه اندازه‌گیری استفاده می‌شود یا مقداری است که می‌تواند بر روی نتیجه اندازه‌گیری تأثیر بگذارد.

یادآوری ۳- اگر چه کمیت‌های X_i و y و برآوردهای آن‌ها، x_i با نمادهای مختلف در GUM نشان داده می‌شوند، نمادهای یکسان در اینجا استفاده می‌شود که تا حد امکان از سردگمی جلوگیری شود.

یادآوری ۴- اگر برآورد مقدار x_i از \bar{q} متوسط مجموعه‌ای از مشاهدات ($k = 1, 2, \dots, n$) باشد، سپس عدم قطعیت استاندارد x_i ارزیابی شده به صورت:

$$u(x_i) = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (\text{ث-۴})$$

است که s انحراف استاندارد تجربی q_k داده شده به‌وسیله x_i است. اگر برآورد دیگری از انحراف استاندارد بر اساس آزمون‌های انجام شده به‌طور جداگانه از اندازه‌گیری x_i است. ارزیابی عدم قطعیت بر اساس چنین آنالیز آماری از سری مشاهدات، ارزیابی نوع A عدم قطعیت نامیده می‌شود.

یادآوری ۵- روش ارزیابی عدم قطعیت به‌وسیله ابزارهای غیر از تحلیل آماری سری مشاهدات، ارزیابی نوع B نامیده می‌شود. ارزیابی نوع B براساس اطلاعات موجود مانند داده‌های داده شده در گواهینامه‌های کالیبراسیون، مشخصات دستگاه، کتابچه راهنمای کاربر و داده‌های به‌دست آمده در گذشته انجام می‌شود.

یادآوری ۶- فرمول ث-۲ برای مواردی که هیچ همبستگی بین کمیت‌های ورودی وجود ندارد، به کار می‌رود. هنگامی که همبستگی قابل صرف‌نظر کردن نیست، شرایط اضافی شامل ضرایب همبستگی به سمت راست فرمول ث-۲ اضافه می‌شود. در این استاندارد، تنها مواردی که همبستگی قابل صرف‌نظر کردن است، در نظر گرفته می‌شود.

یادآوری ۷- هنگامی که مدل ریاضی ث-۱ شکل زیر را می‌گیرد:

$$y = C \cdot x_1^{P1} \cdot x_2^{P1} \cdots x_N^{PN} \quad (\text{ث-۵})$$

که C, p_1, p_2, \dots ثابت هستند، فرمول ث-۳ معادل معادله زیر است که قانون انتشار عدم قطعیت نسبی نامیده می‌شود.

یادآوری ۸- اگر توزیع احتمالی مشخص شده با y و (y_c) توزیع نرمال باشد، فاصله U با $y \pm k = 2$ تقریباً ۹۵٪ توزیع را شامل می‌شود. عامل پوشش k می‌تواند بسته به درجه آزادی واقعی دارای مقدار متفاوتی باشد، به ISO/IEC Guide 98-3 مراجعه کنید.

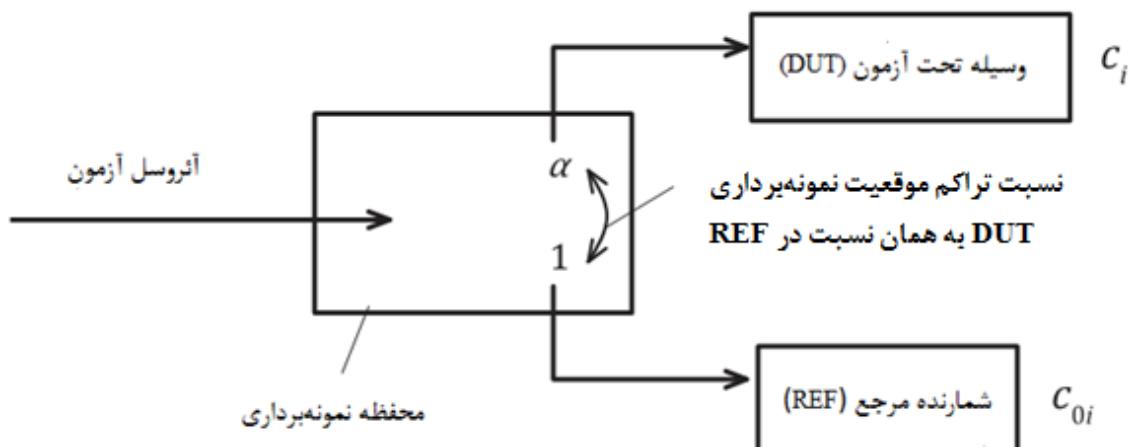
ث-۲ عدم قطعیت کارآیی شمارش، ۷

η_0 و $u(\eta_0)$ به ترتیب، کارآیی شمارش یک دستگاه مرجع و عدم قطعیت استاندارد آن را (طبق یادآوری ۱) نشان می‌دهند. اندازه‌گیری هم‌زمان موازی یک آئروسل آزمون بهوسیله شمارنده ذره یا وسیله تحت آزمون (DUT) و دستگاه مرجع (REF) را n بار تکرار کنید. توصیه می‌شود تعداد n بزرگتر از پنج باشد. غلظت ذرات آئروسل آزمون و/یا مدت زمان اندازه‌گیری واحد بهتر است به‌گونه‌ای انتخاب شود که شمارش‌های به‌دست آمده بهوسیله REF و DUT هر دو بیش از ۱۰۰۰ باشد. علاوه بر این، همان‌گونه که در پیوست الف توصیه شده، تراکم ذرات بهتر است بیش از ۲۵٪ بیشینه تعداد تراکم ذرات مشخص شده برای REF و DUT نباشد.

c_{0i} و c_i تراکم تعداد ذرات به‌دست آمده بهوسیله REF و DUT را به‌ترتیب در تکرار i -th- th اندازه‌گیری نشان می‌دهند. در اینجا c_{0i} به عنوان داده‌های اندازه‌گیری قبل از اعمال تصحیح توسط η_0 (طبق یادآوری ۲) تعریف می‌شود. اجازه دهید \bar{r} میانگین نسبت $r_i = C_i / C_{0i} = \bar{r}$ را نشان دهد. مدل ریاضی آزمون کارآیی شمارش که متناظر با فرمول (ث-۱) است، با فرمول ث-۷ نشان داده می‌شود:

$$\eta = \frac{\eta_0 \bar{r}}{\alpha} \quad (\text{ث-7})$$

که در آن α یک عامل شمارش برای ناهمگنی فضایی در تراکم ذره در محفظه آزمون است و به عنوان نسبت تراکم در موقعیت نمونه‌برداری DUT به نسبت آن در موقعیت نمونه‌برداری REF مطابق شکل ث-۱ تعریف شده است (طبق یادآوری ۳).



شکل ث-۱- مثالی از پیکربندی تجربی برای ارزیابی عدم قطعیت آزمون کارآیی شمارش

با استفاده از فرمول ث-۶ عدم قطعیت استاندارد $(\eta_c u)$ مطابق با فرمول ث-۸ ارزیابی می‌شود (به یادآوری ۴ مراجعه شود).

$$\frac{u_c^2(\eta)}{\eta^2} = \frac{u^2(\alpha)}{\alpha^2} + \frac{u^2(\eta_0)}{\eta_0^2} + \frac{u^2(\bar{r})}{\bar{r}^2} \quad (ث-۸)$$

عدم قطعیت استاندارد در طرف راست معادله $u(\alpha)$ و $u(\eta_0)$ به شرح زیر ارزیابی می‌شوند.

$$u(\alpha) \quad (۱)$$

اگر از تجربه یا سایر اطلاعات موجود معلوم شده است که مقدار α در بازه $[1-\Delta, 1+\Delta]$ است، $u(\alpha)$ را به صورت $= \Delta/\sqrt{3}$ ارزیابی کنید. مقدار α در مخرج در سمت راست فرمول ث-۸ ممکن است در حدود ۱ تنظیم شود، هنگامی که مقدار α دقیقاً مشخص نیست.

اگر هیچ اطلاعاتی در مورد α وجود نداشته باشد، توصیه می‌شود بهطور تجربی به صورت زیر برآورد شود. اول، دو شمارنده ذره، A و B را تهیه کنید. لازم نیست که کارآیی شمارش این شمارندها معلوم باشد. موقعیت‌های نمونه‌برداری شمارندهای A و B را در موارد REF و DUT نشان داده شده در شکل ث-۱، بهتر ترتیب تنظیم کرده و اندازه‌گیری هم‌زمان موازی بهوسیله دو شمارنده انجام دهید. اجازه دهید c_A و c_B تراکم‌های بهدست آمده توسط A و B را بهتر ترتیب نشان دهند. سپس موقعیت‌های نمونه‌برداری A و B را عوض کنید و یک اندازه‌گیری مشابه انجام دهید. اجازه دهید c_{0A} و c_{0B} تراکم‌های بهدست آمده بهوسیله A و B در این پیکربندی باشند. مقدار α از فرمول ث-۹ تعیین می‌شود:

$$\alpha = \sqrt{\frac{c_A c_B}{c_{0A} c_{0B}}} \quad (ث-۹)$$

یک پمپ خلا، P، دارای ظرفیت مکش به اندازه بیشینه نرخ جریان نمونه‌برداری مورد انتظار در میان شمارندهای ذره ممکن مورد آزمون را، آماده کنید. شمارنده ذره به جای یک پمپ ممکن است برای P استفاده شود. ورودی لوله نمونه‌برداری P را نزدیک به موقعیت نمونه‌برداری DUT، نسبت به REF یا برخی از محل‌های نماینده دیگر در محفظه آزمون قرار دهید و پمپ را به کار اندازید. هدف از پمپ تولید الگوهای مختلف جریان است که ممکن است در آزمون کارآیی شمارش واقعی ایجاد شود. α را به شیوه شرح داده شده در بالا، با ورودی لوله نمونه‌برداری P حداقل در پنج موقعیت مختلف در محفظه ارزیابی کنید. اجازه دهید Δ حداکثر میان مقادیر بهدست آمده از $|\alpha - 1|$ باشد.

$$u(\alpha) = \Delta/\sqrt{3} \text{ تعیین کنید.} \quad (۲)$$

$$u(\eta_0) \quad (۲)$$

عدم قطعیت استاندارد $u(\eta_0)$ از گواهی‌نامه کالیبراسیون REF بهدست می‌آید.

$$u(\bar{r}) \quad (۳)$$

انحراف استاندارد تجربی را از r_i با استفاده از فرمول ث-۱۰ محاسبه کنید:

$$s_r = \sqrt{\sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^2 / (n-1)} \quad (ث-۱)$$

$u(\bar{r})$ را با استفاده از فرمول ث-۱۱ تعیین کنید:

$$u(\bar{r}) = s_r / \sqrt{n} \quad (ث-۱۱)$$

عدم قطعیت استاندارد داده شده در فرمول ث-۱۱ نشان دهنده تغییرات در کارآیی شمارش در طول اندازه‌گیری‌های تکراری کوتاه مدت است. هنگامی که تغییرات در کارآیی شمارش در روزهای مختلف اندازه‌گیری به‌طور معنی‌داری بزرگ‌تر از تغییرات در اندازه‌گیری‌های تکراری است، مطلوب است که آزمایشی انجام شود که تغییرات روزانه بتواند ارزیابی شود؛ برای مثال، سه اندازه‌گیری تکراری برای هر سه روز مختلف انجام دهید. از داده‌های به‌دست آمده در این روش، واریانس اثر روزانه می‌تواند به صورت جداگانه از واریانس اندازه‌گیری‌های تکراری با استفاده از روش تجزیه و تحلیل واریانس (ANOVA) ارزیابی شود.

یادآوری ۱- در اینجا η_0 مقدار اندازه‌گواهی شده ذرات آزمون، x است.

یادآوری ۲- از آن‌جا که C_0 در فرمول ۲ تراکم به‌دست آمده پس از تصحیح که به‌وسیله η_0 اعمال شده است را نشان می‌دهد، رابطه $C_0 = C_{0i} / \eta_0$ برقرار است. استفاده از c_{0i} در این‌جا در نظر گرفتن عدم قطعیت η_0 در آنالیز عدم قطعیت است.

یادآوری ۳- بهترین برآورد α در ۱ تنظیم شده است، اما انحراف α از ۱ به عنوان عدم قطعیت α در نظر گرفته می‌شود.

یادآوری ۴- هنگام استفاده از DUT برای سنجش ذرات با توزیع اندازه بسیار باریک در اطراف کوچکترین حد تشخیص، یک جزء عدم اطمینان اضافی می‌تواند معنی‌دار باشد که مرتبط با این واقعیت است که اندازه‌گواهی شده ذرات آزمون به‌طور کلی با اندازه متناظر با کوچکترین حد تشخیص DUT منطبق نیست. این عدم قطعیت اضافی، $(\eta_x u_x)$ به صورت زیر ارزیابی می‌شود:

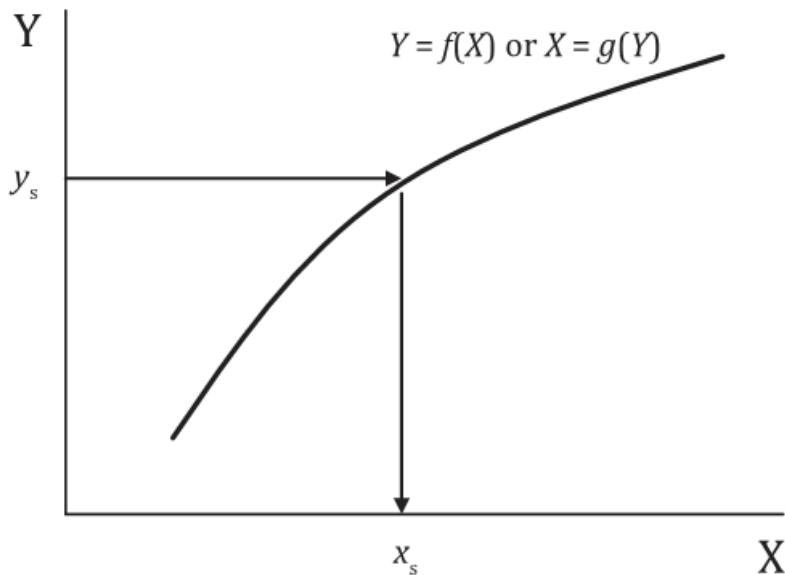
$$u_x(\eta) = \left| \frac{d\eta}{dx} \right| u(x) \quad (ث-۱۲)$$

جایی که ضریب حساسیت $|d\eta/dx| = 1/(\sqrt{2\pi}\sigma)$ داده می‌شود، با σ که انحراف استاندارد عرض طیف توزیع اندازه ظاهری ذرات آزمون نشان داده شده که توسط DUT (بیان شده در یکای اندازه ذرات) به‌دست می‌آید. عدم قطعیت $(\eta_x u_x)$ در سمت راست فرمول ث-۱۲ توسط $u(x) = \sqrt{(x_c - x_0)^2 + u^2(x_c)}$ به‌دست می‌آید که x_c اندازه‌گواهی شده ذرات آزمون، $(\eta_x u_x)$ عدم قطعیت استاندارد است که از گواهی‌نامه کالیبراسیون ذرات آزمون به‌دست می‌آید، و x_0 کوچکترین اندازه تشخیص نشان داده شده در مشخصات DUT است.

در این استاندارد، فرض بر این است که DUT برای اندازه‌گیری ذرات با توزیع اندازه نسبتاً وسیع استفاده می‌شود، به طوری که $(\eta_x u_x)$ در مقایسه با (η_u) در فرمول ث-۸ به‌طور قابل صرف‌نظر کردن کوچک است و سهم $(\eta_x u_x)$ در نظر گرفته نمی‌شود. بیشتر فرض بر این است که انحراف استاندارد ظاهری توزیع اندازه ذرات کالیبراسیون توسط DUT در مقایسه با انحراف استاندارد واقعی توزیع اندازه ذرات کالیبراسیون، خطای تنظیم اندازه و عدم قطعیت اندازه ذرات مرجع، بزرگ است.

ث- ۳ عدم قطعیت خطای تنظیم اندازه، ۴

رابطه عملکردی منحنی کالیبراسیون نشان داده شده در شکل ۵، و $X = g(Y)$ تابع معکوس آن است (به شکل ث-۲ مراجعه شود).



راهنما:

ولتاژ ارتفاع پالس	Y
اندازه ذره	X

شکل ث-۲- منحنی پاسخ

مدل ریاضی اندازه‌گیری ۴ توسط فرمول ۱ ارائه شده است. با استفاده از فرمول ث-۲ به این فرمول، عدم-قطعیت استاندارد مركب $u_c(\varepsilon)$ تقریباً با

$$u_c^2(\varepsilon) = \frac{1}{x_r^2} \left[u^2(x_c) + \frac{u^2(y_r) + u^2(y_p)}{b^2} \right] \quad (\text{ث-۱۳})$$

که در آن: $b = (\partial f / \partial X) \Big|_{X=x_r}$ است. عدم قطعیت‌های استاندارد $u(x_c)$ و $u(y_r)$ در سمت راست فرمول ث-۱۳ به شرح زیر تعیین شده‌اند.

$$u(x_c) \quad (1)$$

عدم قطعیت استاندارد (x_c) نشان دهنده عدم قطعیت قطر گواهی شده از ذرات کالیبراسیون استفاده شده در ارزیابی ۶ است و از گواهی نامه کالیبراسیون ذرات کالیبراسیون به دست می‌آید.

$$u(y_r) \quad (۲)$$

عدم قطعیت استاندارد (y_r) نشان دهنده عدم قطعیت ولتاژ تنظیم y_r متناظر با مقدار اسمی آستانه کanal اندازه، x_r است. این شامل عدم قطعیت مقیاس ولت متر، ($u_t(y_r)$) که از گواهی نامه کالیبراسیون ولتمتر و عدم قطعیت متناظر با آن با تکرارپذیری در تعیین تجربی y_r به دست می‌آید. اجازه دهید n_t تعداد تکرارهای اندازه‌گیری برای تعیین تجربی y_r ، و s_t انحراف استاندارد تجربی این اندازه‌گیری‌های تکراری باشد، عدم قطعیت ($u(y_r)$) از فرمول ۱۴-۳ تعیین می‌شود:

$$u(y_r) = \sqrt{u_t^2(y_r) + \frac{s_t^2}{n_t}} \quad (۱۴-۳)$$

اصطلاح دوم در ریشه مربع سمت راست فرمول ۱۴-۳ نشان دهنده تغییرات در y_r در طول اندازه‌گیری‌های تکراری کوتاه مدت است. هنگامی که تغییرات در y_r در طول روزهای مختلف اندازه‌گیری به طور معنی‌داری بزرگ‌تر از تغییرات در اندازه‌گیری‌های تکراری است، مطلوب است آزمایشی که در آن تغییرات روزانه را می‌توان ارزیابی کرد، انجام شود.

$$u(y_p) \quad (۳)$$

عدم قطعیت استاندارد (y_p) نشان دهنده عدم قطعیت میانگین ولتاژ، y_p از توزیع ارتفاع پالس برای ذرات آزمون به دست آمده برای تعیین منحنی پاسخ DUT می‌باشد. این شامل عدم قطعیت مقیاس ولتاژ آنالیز ارتفاع پالس، ($u_{PHA}(y_p)$) که به عنوان مثال از ویژگی‌های آنالیز ارتفاع پالس و عدم قطعیت متناظر با تکرارپذیری در تعیین آزمایش y_p به دست می‌آید. اجازه دهید n_{PHA} تعداد تکرارهای اندازه‌گیری برای تعیین آزمایشی y_p و s_{PHA} ، انحراف استاندارد تجربی ارتفاع استانداردهای این اندازه‌گیری‌های تکراری باشد. عدم قطعیت ($u(y_p)$) با استفاده از:

$$u(y_p) = \sqrt{u_{PHA}^2(y_p) + \frac{s_{PHA}^2}{n_{PHA}}} \quad (۱۵-۳)$$

۳-۴ بررسی عدم قطعیت آزمون در الزامات LSAPCs

مقادیر MPE و معیارهای آزمون در بند ۶ این استاندارد بدون درنظر گرفتن عدم قطعیت آزمون اعمال می‌شوند (به جدول ۱-۱ مراجعه شود). در صورتی که عدم قطعیت واقعی بیان شده از یک گواهی گزارش کالیبراسیون آزمون گرفته شده، مقادیر MPE و معیارهای آزمون در بند ۶ ممکن است مطابق با آن اصلاح شود.

جدول ث-۱- معیارهای آزمون بدون توجه به عدم قطعیت

نام کمیت	هدف مورد نیاز	الزامات	زیربند مربوطه
خطای تنظیم اندازه، ϵ	.	0.10 $(\epsilon \leq 0.1)$	۱-۶ ۱-۷
کارآیی شمارش، n ، در اندازه نزدیک بیشینه اندازه قابل تشخیص ذرات	0.50	0.20 $(0.30 \leq n \leq 0.70)$	۲-۶ ۲-۷
کارآیی شمارش، n ، در اندازه 1.5 تا 2 برابر بزرگتر از حداقل اندازه قابل تشخیص ذرات	1.00	0.10 $(0.90 \leq n \leq 1.10)$	۲-۶ ۲-۷
تفکیک پذیری اندازه، R	.	0.15 $R \leq 0.15$	۳-۶ ۳-۷
شمارش نادرست مشاهده شده بر m^3	مطابق مشخصات هر سازنده	مطابق مشخصات هر سازنده	۴-۶ ۴-۷
کاهش انطباق در حداکثر تراکم تعداد ذرات، L	.	0.10 $L \leq 0.15$	۵-۶ ۵-۷
خطای نرخ جریان نمونه برداری، ϵ_q	.	0.10 $(\epsilon_q \leq 0.15)$	۶-۶ ۶-۷
خطای زمان نمونه برداری، ϵ_t	.	0.05 $(\epsilon_t \leq 0.1)$	۷-۶ ۷-۷
نرخ پاسخ، R_r	.	0.005 $R_r \leq 0.15$	۸-۶ ۸-۷