INSO
6252-1
1 st. Revision
2018

Identical with
ISO 14644-1:2015

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

استاندارد ملی ایران
۶۲۵۲-۱
تجدیدنظراول
۱۳۹۶

اتاق‌های تمیز و محیط‌های کنترل‌شدهٔ مرتبط- قسمت۱: طبقه‌بندی تمیزی هوا بر اساس تراکم ذرات

Cleanrooms and associated controlled environments- Part 1:Classification of air cleanliness by particle concentration

ICS:13.040.35

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب‌غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق‌پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن:۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱(۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴(۰۲۶)

رایانامه :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 استانداردایران به موجب بندیک مادهٔ ۳قانون اصلاح قوانین ومقررات مؤسسهٔاستاندارد و تحقیقات صنعتی ایران،مصوب بهمن ماه۱۳۷۱تنهامرجع رسمی کشوراست که وظیفهٔ 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 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 کمیتهٔملی 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 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 شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔملی 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 تـوجه 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 صدورگواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمونگاه‌ها 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 می کند. ترویج دستگاه بین المللی 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 for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)
4-Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«اتاق‌های تمیز و محیط‌های کنترل‌شده مرتبط-قسمت۱: طبقه‌بندی تمیزی هوا بر اساس تراکم ذرات»

تجدیدنظر (اول)

رئیس:	**سمت و/یا محل اشتغال:**
فهیمدخت، مختاری (کارشناسی ارشد ایمونولوژی)	گروه پژوهشی میکروبیولوژی- پژوهشگاه استاندارد
دبیر:	
یل‌شرزه، لیلا (کارشناسی ارشد میکروبیولوژی)	ادارهٔ کل استاندارد استان آذربایجان‌شرقی
اعضا: (اسامی‌به ترتیب حروف الفبا)	
اولادغفاری، عارف (کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی)	پژوهشگاه استاندارد
خشک‌جهان، ملیحه (کارشناسی شیمی)	شرکت هماپژوهان صدر آزما
رکوعی، مهدی (کارشناسی ارشد شیمی)	شرکت ورمل
سالک زمانی، مریم (کارشناسی ارشد علوم تغذیه)	اداره کل استاندارد آذربایجان شرقی
فرجی، رحیم (کارشناسی ارشد شیمی)	گروه پژهشی مهندسی پزشکی – پژوهشگاه استاندارد

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	**سمت و/ یا محل اشتغال:**
صادقی، فیروز (کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی)	معاونت داروغذا - دانشگاه علوم پزشکی تبریز
علی‌پور، الهام (کارشناسی علوم تغذیه)	شرکت اطمینان
کشاورزی، مهشید (کارشناسی ارشد باکتری‌شناسی)	کارشناس استاندارد
گوگانیان، امیر (دکتری شیمی تجزیه)	مرکز آموزش علمی کاربردی استاندارد تبریز
ناصح امیری، فردین (دکتری حرفه‌ای پزشکی)	عضو مستقل
همیشه‌کار، حامد (دکتری داروسازی)	مرکز تحقیقات علوم دارویی پشمینه
یثربی، بهزاد (دکتری مهندسی پزشکی)	دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز
ویراستار:	
فرجی، رحیم (کارشناسی ارشد شیمی)	گروه پژوهشی مهندسی پزشکی- پژوهشگاه استاندارد

فهرست مندرجات

عنوان	صفحه
پیش‌گفتار	ز
مقدمه	ح
۱ هدف و دامنهٔ کاربرد	۱
۲ مراجع الزامی	۱
۳ اصطلاحات و تعاریف	۲
۴ طبقه‌بندی	۸
۵ اثبات انطباق	۱۰
پیوست الف (الزامی) روش مرجع برای طبقه‌بندی تمیزی هوا براساس تراکم ذرات	۱۲
پیوست ب (آگاهی‌دهنده) مثال‌هایی از محاسبات طبقه‌بندی	۱۸
پیوست پ (آگاهی‌دهنده) شمارش و تعیین اندازه ذرات بزرگ هوابرد	۳۲
پیوست ت (آگاهی‌دهنده) روش نمونه‌برداری پیوسته (متوالی)	۴۰
پیوست ث (آگاهی‌دهنده) ویژگی طبقه تمیزی اعشاری میانی و آستانه‌های اندازهٔ ذرات	۵۲
پیوست ج (آگاهی‌دهنده) دستگاه‌های آزمون	۵۴
کتاب‌نامه	۵۶

پیش‌گفتار

استاندارد «اتاق‌های تمیز و محیط‌های کنترل‌شدهٔ مرتبط قسمت۱: طبقه‌بندی تمیزی هوا بر اساس غلظت ذرات»که نخستین‌بار در سال۱۳۸۱ تدوین و منتشر شد، بر اساس پیشنهادهای دریافتی و بررسی و تأیید کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی/منطقه‌ای به‌عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ برای نخستین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در هفتصد و بیست و هشتمین اجلاسیه کمیتهٔ ملی استاندارد مهندسی پزشکی مورخ ۹۶/۱۲/۱۷ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک مادهٔ 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 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 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 شمارهٔ ۱-۶۲۵۲: سال۱۳۸۱می‌شود.

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 14644-1:2015, Cleanrooms and associated controlled environments -Part 1:Classification of air cleanliness by particle concentration

مقدمه

این استاندارد، یک قسمت از مجموعه استانداردهای ملی ایران شمارهٔ ۶۲۵۲ است. سایر قسمت‌های این استاندارد به شرح زیر است:

- قسمت ۲: پایش به منظور تهیه شواهدی از عملکرد اتاق تمیز در ارتباط با تمیزی هوا بر اساس تراکم ذرات؛
- Part 3: Test methods
- قسمت ۴: طرّاحی ، ساخت و راه‌اندازی؛
- قسمت ۵: بهره‌برداری؛
- قسمت ۶: واژه‌نامه؛
- قسمت ۷: دستگاه‌های جداکننده (هودهای هوای تمیز، محفظه‌های دستکش‌دار، جداسازها و محیط‌های کوچک)
- قسمت ۸: طبقه‌بندی تمیزی هوا بر اساس غلظت مواد شیمیایی؛
- قسمت ۹: طبقه‌بندی تمیزی سطوح بر اساس غلظت ذرات؛
- قسمت ۱۰: طبقه‌بندی تمیزی سطوح بر اساس غلظت مواد شیمیایی؛
- Part 12: Specifications for monitoring air cleanliness by nanoscale particle concentration
- Part 13: Cleaning of surfaces to achieve defined levels of cleanliness in terms of particle and chemical classifications
- Part 14: Assessment of suitability for use of equipment by airborne particle concentration
- Part 15: Assessment of suitability for use of equipment and materials by airborne chemical concentration
- Part 16: Code of practice for improving energy efficiency in cleanrooms and clean air devices

اتاق‌های تمیز و محیط‌های کنترل‌شدهٔ مرتبط برای کنترل آلودگی هوا و درصورت لزوم، کنترل آلودگی سطوح، به منظور انجام فعالیت‌های حساس به آلودگی، مجهز می‌شوند. کنترل آلودگی می‌تواند برای حفاظت از یکپارچگی فرآورده یا فرآیند در برنامه‌های کاربردی صنایعی مانند هوافضا، میکروالکترونیک، داروسازی، وسایل پزشکی، مراقبت‌های بهداشتی وغذا سودمند و مفید باشد.

دراین استاندارد، علاوه برطبقه‌بندی تمیزی هوا از نظر تعداد ذرات اعلام‌شده به صورت تراکم درحجم هوا، روش استانداردی برای آزمون تعیین طبقهٔ تمیزی از جمله گزینش نقاط نمونه‌برداری، مشخص می‌شود.

این نسخه حاصل پاسخ به بازنگری‌های نظام‌مند شامل تغییرات در پاسخ به بازخورد کاربران و خبرگان بوده که با تحقیقات بین‌المللی سازگار است. تغییر در عنوان به صورت «طبقه‌بندی تمیزی هوا برحسب تراکم ذرات» برای سازگاری با قسمت‌های دیگر این مجموعه استاندارد انجام شده و نُه طبقهٔ تمیزی هوا با کمترین بازبینی باقی مانده‌اند. درجدول ۱ تراکم ذرات در اندازه‌های مختلف برای نُه طبقه بیان شده است. درجدول ث-۱ نیز بیشینهٔ تراکم ذرات در اندازه‌های مختلف ذرات برای طبقات میانی تعریف شده است. کاربرد این جدول‌ها، تعریف بهتری از دامنهٔ اندازهٔ ذرات برای طبقات مختلف را تضمین می‌کند. در این استاندارد مفهوم توصیف‌گر ذره بزرگ[1] حفظ شده است، اگرچه به نانو ذرات در استاندارد جداگانه‌ای پرداخته خواهد شد.

شاخص‌ترین تغییرات، پذیرش رویکرد آماری سازگارتر با گزینش و تعداد نقاط نمونه‌برداری و ارزشیابی داده‌های جمع‌آوری شده است. مدل آماری برپایهٔ پذیرش الگوی نمونه‌برداری فوق هندسی است که در آن نمونه‌ها به طور تصادفی بدون جای‌گذاری از یک جهت متناهی (محدود) جمع‌آوری می‌شوند. در این رویکرد جدید، آزمون هر محل را به طورمستقل با سطح اطمینان کمینه ٪۹۵ امکان پذیر می‌سازد که دست‌کم ٪۹۰ از اتاق تمیز یا مناطق ناحیهٔ تمیز با بیشینه حد میزان تراکم ذرات برای طبقه هدف از تمیزی هوا، همخوانی خواهد داشت. درمورد توزیع شمار واقعی ذرات در منطقهٔ اتاق تمیز یا ناحیهٔ تمیز، هیچ فرضیه‌ای وجود ندارد؛ در حالی‌که در نسخه اولیه این استاندارد فرضیه‌ای اساسی مبنی بر پیروی شمار ذرات از همان توزیع عادی در سراسر اتاق، وجود داشت. این فرضیه هم اکنون برای فراهم‌کردن امکان نمونه‌برداری در اتاق‌هایی که شمار ذرات به گونهٔ پیچیده‌تری تغییر می‌کند، حذف شده است. درجریان تجدید نظر، مشخص شده است که ٪۹۵ از حدود بالای اطمینان (UCL)[2] مناسب استاندارد مذکور نبوده و به طور مداوم نیز به کار برده نشده است. کمینه تعداد نقاط نمونه‌برداری مورد نیاز درمقایسه با نسخه اولیه استاندارد تغییر یافته است. جدول الف-۱ به عنوان مرجع برای تعیین کمینهٔ تعداد نقاط نمونه‌برداری مورد نیاز برپایهٔ تطبیق عملی الگوی نمونه‌برداری، ارائه شده است. فرض بر این است که محیط بلافصل نقطه نمونه‌برداری تراکم ذرات همگنی دارد. اتاق تمیز یا ناحیهٔ منطقهٔ تمیز به شبکه‌ای از بخش‌های تقریباً معادل تقسیم می‌شود که شمار آن برابر تعداد نقاط نمونه‌برداری بزرگتر از جدول الف-۱ است. یک نقطهٔ نمونه‌برداری به گونه‌ای درون هر بخش شبکه‌ای جای می‌گیرد که نمایندهٔ همان بخش باشد.

برای اهداف عملی فرض بر این است که نقاط به صورت نماینده انتخاب شوند؛ یک نقطهٔ «نماینده» (به زیر بند الف-۴-۲ مراجعه شود) به این معنی است که هنگام گزینش نقاط نمونه‌برداری، بهتر است ویژگی‌هایی مانند جانمایی اتاق تمیز یا ناحیهٔ تمیز، چینش تجهیزات و سامانه‌های جریان هوا، در نظرگرفته شوند. نقاط اضافی نمونه‌برداری ممکن است به کمینهٔ تعداد نقاط نمونه‌برداری افزوده شوند.

درنهایت پیوست‌هایی به منظور بهینه‌سازی مبنای منطقی این استاندارد دوباره تنظیم شده و بخش‌هایی از محتوای برخی از پیوست‌ها در ارتباط با آزمون‌ها و تجهیزات، از استاندارد ISO 14644-3:2005 گنجانده شده‌اند.

1 - Macroparticle
2- Upper confidence level

در نسخهٔ تجدیدنظرشدهٔ این استاندارد به حدود ذرهٔ μm ۵ ≥ برای طبقه ۵ ایزو، در پیوست‌های فرآورده‌های سترون اتحادیهٔ اروپا (EU)، طرح بازرسی دارویی (PIC/ S) و گواهی روش‌های تولید خوب سازمان بهداشت جهانی (WHO GMP) از طریق پذیرش مفهوم درشت ذرات‌شده است.

نسخهٔ تجدید نظر شدهٔ این استاندارد اکنون شامل تمامی موضوعات مربوط به طبقه‌بندی تمیزی هوا بر اساس تراکم ذرات است. درحال حاضر، این نسخهٔ از استاندارد منحصراً با پایش تمیزی هوا بر اساس تراکم ذرات سروکار دارد.

اتاق‌های تمیز می‌توانند برپایهٔ ویژگی‌های دیگری نیز طبقه‌بندی شوند. این ویژگی‌ها مانند تمیزی هوا از لحاظ غلظت شیمیایی، بررسی شده و درجه یا سطح این مشخصه ممکن است با طبقه تمیزی ایزو تعیین شود. این ویژگی‌های اضافی به تنهایی برای طبقه‌بندی اتاق تمیز یا ناحیهٔ تمیز کفایت نمی‌کند.

.

اتاق‌های تمیز و محیط‌های کنترل شده مرتبط قسمت ۱: طبقه‌بندی تمیزی هوا بر اساس تراکم ذرات

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین طبقه‌بندی تمیزی هوا بر اساس تراکم ذرات هوابرد[1] در اتاق‌های تمیز و نواحی تمیز است؛ و دستگاه های جداکننده[2] در استاندارد ISO 14644-7 تعیین شده است.

فقط جمعیت‌های ذرات دارای توزیع تجمعی مبنی بر آستانهٔ اندازه‌های ذرات (حد پایین) درگسترهٔ ۰٫۱μm تا ۵٫۰μm برای اهداف طبقه‌بندی در نظر گرفته می‌شوند.

استفاده از شمارشگرهای ذرات هوابرد با پراکنش نور (ناپیوسته) (LSAPC)[3]، اساس تعیین تراکم ذرات هوابرد هستند که برابر با یا بزرگتر از اندازه‌های مشخص‌شده در مناطق نمونه‌گیریِ شناسه‌گذاری‌شده می‌باشند.

این استاندارد برای طبقه‌بندی جمعیت‌های ذراتی که خارج از آستانهٔ پایین‌تر تعیین‌شده در گسترهٔ اندازهٔ ذرات یعنی از ۰٫۱μm تا ۵٫۰μm باشند، کاربرد ندارد. تراکم ذرات بسیار ریز[4] (ذرات کوچکتر از ۰٫۱μm) در استاندارد مجزایی ارائه خواهد شد تا تمیزی هوا بر اساس ذرات در مقیاس نانو مشخص شود. یک توصیف‌گر M (به پیوست پ مراجعه شود) ممکن است برای تعیین کمیت جمعیت‌های ذره بزرگ (ذرات بزرگتر از۵ μm) به کار رود.

این استاندارد در مورد تعیین مشخصات فیزیکی، شیمیایی، رادیولوژیک، حیاتی یا ماهیت‌های دیگر ذرات هوابرد کاربرد ندارد.

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.

1- Airborn
2- Separative devices
3- Light Scattering (discrete) Airborne Particle Counters
4- Ultrafine

در صورتی که 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:

۲-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۲-۶۲۵۲: سال ۱۳۹۶، اتاق‌های تمیز و محیط‌های کنترل‌شدهٔ مرتبط- قسمت ۲: پایش به‌منظور تهیه شواهدی از عملکرد اتاق تمیز در ارتباط با تمیزی هوا بر اساس تراکم ذرات

2-2 ISO 14644-7, Cleanrooms and associated controlled environments — Part 7: Separative devices (clean air hoods, gloveboxes, isolators and mini-environments)

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود.

۳-۱

کلیات

general

۳-۱-۱

اتاق تمیز

cleanroom

اتاقی که در آن تراکم عددی ذرات هوابرد کنترل و طبقه‌بندی می‌شوند و به شکلی طراحی، ساخته و بهره‌برداری می‌شود که ورود، تولید و حفظ ذرات درون اتاق تحت کنترل باشد.

یادآوری ۱- طبقه تراکم ذرات هوابرد مشخص شده است.

یادآوری ۲- میزان سایر ویژگی‌های تمیزی مانند غلظت‌های شیمیایی، غلظت‌های عوامل زنده یا غلظت‌های در مقیاس نـانو در هوا و همچنین تمیزی سطح از نظر تراکم ذرات، غلظت‌های مواد شیمیایی و مواد در مقیاس نانو و عوامل زنده نیز ممکن است مشخص و کنترل شود.

یادآوری۳- سایر پارامترهای فیزیکی مرتبط نیز ممکن است در صورت لزوم کنترل شود، مانند دما، رطوبـت، فشـار، ارتعـاش و الکترواستاتیک.

۲-۱-۳

ناحیه تمیز

clean zone

فضای معینی که در آن تراکم عددی ذرات هوابرد کنترل و طبقه‌بندی می‌شود و به گونه‌ای طراحی و بهره‌برداری می‌شود که ورود، تولید و حفظ آلوده‌کننده‌های[1] داخل فضا کنترل شود.

یادآوری۱- طبقهٔ تراکم ذرات هوابرد مشخص می‌شود.

یادآوری۲- میزان سایر ویژگی‌های تمیزی مانند غلظت‌های در مقیاس نانو، شیمیایی یا عوامل زنده در هوا و همچنین تمیزی سطح از نظر تراکم ذرات، غلظت‌های مواد شیمیایی و مواد در مقیاس نانو و عوامل زنده نیز ممکن است مشخص و کنترل شود.

یادآوری۳- ناحیه تمیز می‌تواند فضایی معین در داخل اتاق تمیز باشد یا ممکن است به وسیله یک دستگاه جداکننده حاصل گردد. این وسیله ممکن است داخل یا خارج از ناحیه تمیز قرار داشته باشد.

یادآوری ۴ - سایر پارامترهای فیزیکی مرتبط نیز ممکن است در صورت لزوم کنترل شود، مانند دما، رطوبت، فشار، لرزش و الکترواستاتیک.

۳-۱-۳

مجموعهٔ تمیز

installation

اتاق تمیز یا یک یا چند ناحیهٔ تمیز به همراه تمامی سازه‌های مربوط، سامانه‌های تهویه و تصفیه هوا، خدمات فنی و تجهیزات جانبی است.

۴-۱-۳

طبقه‌بندی

classification

روش ارزیابی سطح تمیزی بر اساس مشخصات اتاق یا ناحیهٔ تمیز است.

یادآوری- باید سطوح بر اساس طبقه ایزو مشخص شوند که نمایانگر بیشینه تراکم مجاز ذرات در واحد حجم هواست.

1- Concentration

۲-۳

ذرات هوابرد

airborne particles

۱-۲-۳

ذره

particle

ذره بسیار کوچک از ماده با مرزهای فیزیکی معین است.

۲-۲-۳

اندازه ذره

particle size

قطر کره‌ای که با استفاده از دستگاه اندازه‌بندی ذرات، پاسخی ایجاد می‌کند که برابر با پاسخ تولیدشده توسط ذره است و در حال اندازه‌گیری است.

یادآوری- در استفاده از دستگاه‌های پراکنش نور ناپیوسته ذرات، از قطر نوری معادل آن استفاده می‌شود.

۳-۲-۳

تراکم ذره

particle concentration

تعداد ذرات منفرد در واحد حجم هواست.

۴-۲-۳

توزیع اندازهٔ ذره

particle size distribution

توزیع فراوانی تجمعی ذره به عنوان تابعی از اندازهٔ ذره است.

۵-۲-۳

ذره بزرگ

macroparticle

ذره‌ای با قطر معادل با بزرگتر از ۵ µm است.

۶-۲-۳

توصیف‌گر M

M descriptor

شناسه‌ای برای تراکم ذره‌های بزرگ اندازه‌گیری‌شده یا مشخص‌شده در متر مکعب هوا که برحسب قطر معادلی بیان می‌شود که مشخصهٔ روش اندازه‌گیری به کار رفته است.

یادآوری- با توصیف‌گر M حد بالای میانگین تعداد ذرات در نقاط نمونه‌برداری مشخص می‌شود. با توصیف‌گر M نمی‌توان طبقه ایزو را تعیین کرد اما می‌توان آن را به طور مستقل یا همراه با طبقه‌بندی ایزو ذکر نمود.

۷-۲-۳

جریان هوای یک‌سویه

unidirectional airflow

جریان هوای کنترل‌شده در سرتاسر مقطع عرضی اتاق تمیز یا ناحیهٔ تمیز با سرعت یکنواخت و خطوط جریان نسبتا موازی، می‌باشد.

۸-۲-۳

جریان هوای غیر یک‌سویه

non-undirectional airflow

توزیع هوا جایی که هوای ورودی به اتاق تمیز یا ناحیهٔ تمیز بر اثر القاء با هوای داخلی ترکیب می‌شود.

۳-۳

وضعیت‌های مجموعه تمیز

occupancy states

۱-۳-۳

وضعیت ساخته‌شده

as-built

وضعیتی که اتاق تمیز یا ناحیهٔ تمیز با تمامی اجزاء و مجموعه آن کامل شده و قابل به‌کارگیری است ولی تجهیزات، اثاث، مواد یا کارکنان در آن وجود ندارد.

۲-۳-۳

وضعیت آماده به کار

at-rest

وضعیتی که اتاق تمیز یا ناحیهٔ تمیز با تجهیزات کامل شده است و تجهیزات به‌صورت توافق‌شده نصب شده و کار می‌کند ولی هنوز کارکنان در مجموعه حضور ندارند.

۳-۳-۳

وضعیت در حال کار

operational

وضعیتی در شرایط توافقی که در آن اتاق تمیز یا ناحیهٔ تمیز به روش مشخص‌شده‌ای کار می‌کند و تجهیزات در آن‌جا موجود است، و تعداد مشخصی از کارکنان در آن حضور دارند.

۴-۳

آزمون وسایل اندازه‌گیری (به پیوست ج مراجعه شود)

instrumentation Testing

۱-۴-۳

تفکیک‌پذیری

resolution

کوچکترین تغییر در کمیت تحت اندازه‌گیری که باعث تغییر محسوسی در نشاندهی متناظر شود.

یادآوری- تفکیک‌پذیری می تواند به عنوان مثال نوفه[1] (داخلی یا خارجی) یا اصطکاک وابسته باشد. تفکیک‌پذیری همچنین می‌تواند به مقدار کمیت اندازه‌گیری‌شده، وابسته باشد.

(منبع: برگرفته از زیربند ۵-۱۴ استاندارد ملی ایران شماره ۴۷۲۳: سال ۱۳۹۰).

1 -Noice

۲-۴-۳

بیشینه خطای مجاز اندازه‌گیری

maximum permissible measurement error

مقدار کرانه‌ای خطای اندازه‌گیری نسبت به مقدار کمیت مرجع معلوم، که توسط مشخصات یا قوانین برای اندازه‌گیری، دستگاه اندازه‌گیری یا سیستم اندازه‌گیری مجاز شمرده می شود.

یادآوری ۱- معمولاً عبارت «بیشینه خطای مجاز» یا «حدود خطا» وقتی استفاده می‌شود که دو مقدار کرانه‌ای وجود داشته باشد.

یادآوری ۲ - عبارت «رواداری» نباید به جای بیشینه «خطای مجاز» مشخصی استفاده شود.

(منبع: برگرفته از زیربند ۵-۲۶ استاندارد ملی ایران شماره ۴۷۲۳: سال ۱۳۹۰).

۵-۳

ویژگی‌های ابزار

instrument specifications

۱-۵-۳

شمارشگر ذرات هوابرد با پراکنش نوری

light scattering airborne particle counter

light scattering discrete airborne particle counter

LSAPC

ابزاری با دارای قابلیت شمارش و اندازه‌بندی ذرات منفرد هوابرد و گزارش‌دهی داده‌های مربوط به اندازه LSAPC بر اساس قطر نوری معادل آن است.

یادآوری- مشخصات LSAPC در استاندارد ISO 21501-4:2007 ذکر شده است.

۲-۵-۳

ذره‌شمار ناپیوسته برای ذرات بزرگ

discrete-macroparticle counter

ابزاری با قابلیت شمارش و اندازه‌بندی ذرات بزرگ هوابرد واحد می‌باشد.

یادآوری- برای آگاهی از مشخصات به جدول ج-۱ مراجعه کنید.

۳-۵-۳

دستگاه اندازه‌بندی ذرات زمان پرواز

time-of-flight particle sizing apparatus

ابزاری با قابلیت شمارش و اندازه‌بندی ذرات مشخص که قطر آئرودینامیکی ذرات را با اندازه‌گیری زمان لازم جهت تغییر سرعت هوا توسط ذره تعیین می‌شود.

یادآوری ۱- این امر معمولاً با اندازه‌گیری زمان‌گذر ذره به صورت نوری پس از تغییر سرعت جریان مایع انجام می‌شود.

یادآوری ۲- برای آگاهی بیشتر در مورد ویژگی ها به جدول ج-۲ مراجعه شود.

۴ طبقه‌بندی

۴-۱ وضعیت(های) مجموعه تمیز

طبقهٔ تمیزی هوا بر اساس تراکم ذرات هوا در اتاق تمیز یا ناحیهٔ تمیز باید در یک یا چند تا وضعیت زیر تعریف شود که به صورت «وضعیت ساخته‌شده»، «وضعیت آماده‌به‌کار» و «وضعیت درحال‌کار» بیان می‌شود.

۴-۲ اندازه(های) ذرات

یک یا چند آستانه (حد پایین‌تر)، اندازه‌های ذرات واقع در گسترهٔ $0{,}1\,\mu m \leq$ تا $\leq 5\,\mu m$ که برای تعیین تراکم ذرات تمیزی هوا برای طبقه‌بندی استفاده می‌شود.

۴-۳ شماره طبقه ایزو

طبقه تمیزی هوا بر اساس تراکم ذرات باید به وسیله شماره طبقه ایزو، N، شناسه‌گذاری شود. بیشینه تراکم مجاز ذرات هوا برای هر اندازهٔ ذره مورد نظر از جدول ۱ تعیین می‌شود.

تراکم عددی ذرات برای اندازه‌های مختلف آستانه در جدول ۱ اندازه واقعی ذره و توزیع عددی را در هوا نشان نمی‌دهد و فقط به عنوان معیاری برای طبقه‌بندی کاربرد دارد. مثال‌هایی از محاسبات طبقه‌بندی در پیوست ب ذکر شده است.

جدول ۱- طبقه‌های ایزو تمیزی هوا بر اساس تراکم ذرات

شماره طبقه ایزو (*N*)	بیشینه تراکم مجاز (تعداد ذرات در متر مکعب) برای ذرات برابر با یا بزرگتر از اندازه‌های در نظر گفته شده، نشان داده شده در زیر					
	۰٫۱ µm	۰٫۲ µm	۰٫۳ µm	۰٫۵ µm	۱ µm	۵ µm
۱	۱۰ [b]	d	d	d	d	e
۲	۱۰۰	۲۴ [b]	۱۰ [b]	d	d	e
۳	۱۰۰۰	۲۳۷	۱۰۲	۳۵b	d	e
۴	۱۰۰۰۰	۲۳۷۰	۱۰۲۰	۳۵۲	۸۳ [b]	e
۵	۱۰۰۰۰۰	۲۳۷۰۰	۱۰۲۰۰	۳۵۲۰	۸۳۲	d،e،f
۶	۱۰۰۰۰۰۰	۲۳۷۰۰۰	۱۰۲۰۰۰	۳۵۲۰۰	۸۳۲۰	۲۹۳
۷	c	c	c	۳۵۲۰۰۰	۸۳۲۰۰	۲۹۳۰
۸	c	c	c	۳۵۲۰۰۰۰	۸۳۲۰۰۰	۲۹۳۰۰
۹ [g]	c	c	c	۳۵۲۰۰۰۰۰	۸۳۲۰۰۰۰	۲۹۳۰۰۰

[a] تمامی تراکم‌ها در جدول تجمعی است، برای مثال برای طبقه ایزو ۵، ۱۰۲۰۰ ذره نشان داده شده در ۰/۳ µm شامل تمامی ذرات معادل با یا بزرگتر از این اندازه است.

[b] این تراکم‌ها منجر به حجم‌های بزرگ نمونه هوا برای طبقه‌بندی فرآیند شد. روش نمونه‌برداری متوالی ممکن است به کار رود؛ به پیوست ت مراجعه شود.

[c] حدود تراکم در این ناحیه از جدول به دلیل تراکم خیلی بالای ذرات کاربرد ندارد.

[d] حدود نمونه‌برداری و آماری برای ذرات در تراکم پایین موجب نامناسب شدن طبقه‌بندی فرآیند شد.

[e] حدود جمع‌آوری نمونه‌برداری برای هم ذرات در تراکم‌های پایین و هم اندازه‌های بزرگتر از ۱ µm موجب نامناسب شدن طبقه‌بندی در این اندازهٔ ذرات شوند، به دلیل اتلاف بالقوه ذرات در سیستم نمونه‌برداری.

[f] به منظور مشخص‌کردن این اندازه ذره در ارتباط با طبقه ۵ ایزو، توصیف‌گر ذرهٔ بزرگ M را می‌توان تغییر داده و همراه با دست کم یک اندازه ذره دیگر به‌کار برد.

[g] این طبقه فقط برای وضعیت در حال کار کاربرد دارد.

۴-۴ شناسه‌گذاری

شناسه‌گذاری تراکم ذرات هوابرد برای اتاق‌ها و نواحی تمیز باید موارد زیر را دربرگیرد:

الف- عدد طبقه ایزو، بیان‌شده به صورت طبقه ایزو N ،

ب- وضعیت مجموعه تمیز که طبقه‌بندی برای آن به‌کار رفته است،

پ- اندازه(های) ذره مورد نظر.

اگر اندازه‌گیری‌ها برای بیش از یک اندازه خاص ذره صورت گیرد، قطر هر ذره بزرگتر (برای مثال D2) باید دست‌کم ۱٫۵ برابر قطر ذره کوچکتر بعدی باشد (برای مثال) یعنی$D2 \geq 1,5 \times D1$.

مثال:

عدد طبقه ایزو، وضعیت مجموعهٔ تمیز، اندازه‌های ذرات مورد نظر

طبقه۴ ایزو، وضعیت آماده به کار، ۰٫۲ µm ، ۰٫۵ µm.

۴-۵ طبقه‌های تمیزی اعشاری میانی و آستانه‌های اندازهٔ ذرات

در مواقع نیاز به طبقه‌های میانی، یا آستانه‌های اندازهٔ ذرات میانی، برای طبقه‌های میانی و عدد صحیح به پیوست ث مراجعه کنید.

۵ اثبات انطباق

۵-۱ اصول

انطباق با الزامات سطح تمیزی هوا (طبقهٔ ایزو) که توسط مشتری مشخص شده باشد، با روش‌های آزمون خاص و ارائه نتایج مستند و شرایط آزمون تصدیق می‌شود.

طبقه‌بندی آماده به کار یا در حال کار ممکن است به صورت دوره‌ای بر اساس ارزیابی ریسک کاربرد و معمولاً به صورت سالیانه انجام شود.

برای پایش اتاق‌های تمیز، نواحی تمیز و دستگاه‌های جداکننده باید از استاندارد ملی ایران شماره ۲-۶۲۵۲ استفاده شود.

یادآوری- هرگاه مجموعه مجهز به ابزارهایی برای پایش مداوم یا مکرر تمیزی هوا بر اساس تراکم ذرات یا سایر پارامترهای قابل کاربرد باشند، فواصل زمانی بین طبقه‌بندی را می‌توان افزایش داد به شرطی که نتایج پایش در حدود مشخص‌شده باقی بماند.

۵-۲ آزمون

روش آزمون مرجع برای اثبات انطباق در پیوست الزامی الف نشان داده‌شده است. روش‌ها و/یا ابزارهای جایگزینه (یا هر دو)، برخوردار از حداقل عملکرد قابل مقایسه را می‌توان مشخص کرد. در صورتی که هیچ روش جایگزینه‌ای مشخص نشده باشد یا به توافق نرسیده باشد باید از روش مرجع استفاده شود. آزمون‌هایی

که جهت اثبات انطباق انجام می‌گیرند، باید با استفاده از ابزارهایی باشند که با الزامات مربوط به کالیبراسیون در هنگام آزمون مطابقت دارند.

۵-۳ ارزشیابی تراکم ذرات هوابرد

به محض تکمیل آزمون طبق پیوست الف، تراکم ذرات (بیان‌شده به صورت تعداد ذرات در هر m^3) در هر حجم نمونه واحد در هر نقطهٔ نمونه‌برداری، نباید از حدود(های) تراکم ارائه شده در جدول ۱ یا جدول ث-۱ برای طبقه‌های اعشاری میانی برای اندازه (های)در نظر گرفته شده مورد نظر، تجاوز نماید. اگر چندین حجم نمونه واحد از نقطهٔ نمونه‌برداری گرفته شود، باید تراکم میانگین به دست آید که در هر صورت نباید از حدود تراکم ذکر شده در جدول ۱ یا ث-۱ فراتر روند. اندازه‌های ذرات میانی باید با استفاده از فرمول ث-۱ به‌دست آید.

تراکم‌های ذرات به‌کار رفته برای تعیین انطباق با طبقه‌های ایزو باید به وسیله روش یکسان برای همه اندازه ذرات مورد نظر اندازه‌گیری شود.

۵-۴ گزارش آزمون

نتایج حاصل از آزمون هر اتاق تمیز یا ناحیه تمیز باید ثبت شود و به‌صورت یک گزارش جامع همراه با اعلام انطباق یا عدم انطباق با شناسه طبقه تمیزی بر اساس تراکم ذرات ارائه شود.

گزارش آزمون باید شامل موارد زیر باشد:

الف- نام و نشانی سازمان آزمون‌کننده و تاریخ انجام آزمون،

ب- شماره و سال انتشار این استاندارد،

پ- مشخصات کامل موقعیت فیزیکی اتاق تمیز یا ناحیه تمیز مورد آزمون (در صورت نیاز با معرفی نواحی مجاور) و شناسه‌گذاری‌های خاص برای تمامی نقاط نمونه‌برداری (نمایش نموداری می‌تواند کمک‌کننده باشد)،

ت- معیارهای شناسه‌گذاری مشخص برای اتاق تمیز یا ناحیه تمیز، شامل عدد طبقه‌بندی ایزو وضعیت(های) مجموعه تمیز و اندازه(های) ذرات مورد نظر،

ث- جزئیات روش آزمون مورد استفاده با هر گونه شرایط خاص مربوط به آزمون یا انحراف از روش آزمون و معرفی ابزارهای آزمون و گواهی کالیبراسیون جاری برای آنها،

ج- نتایج آزمون شامل داده‌های مربوط به تراکم ذرات نقاط نمونه‌برداری.

همان‌گونه که در پیوست ث بیان شده است، اگر تراکم‌های ذره بزرگ تعیین شده باشند، که در پیوست پ شرح داده شده بهتر است داده‌های مربوطه در گزارش آزمون قید شود.

پیوست الف

(الزامی)

روش مرجع برای طبقه‌بندی تمیزی هوا بر اساس تراکم ذرات

الف-۱ اصول

در نقاط نمونه‌برداری شناسه‌گذاری شده، به منظور تعیین تراکم ذرات هوابرد با اندازه معادل یا بزرگتر از اندازه‌های مشخص شده، از شمارشگر ذرات که استفاده کنید.

الف-۲ شرایط الزامات مربوط به دستگاه

الف-۲-۱ دستگاه ذره‌شمار ذرات

برای آشکارسازی تراکم کلی ذرات در گسترهٔ اندازه‌های مقتضی برای هر طبقه مورد نظر دستگاه باید توانایی نمایش یا ثبت تعداد و اندازه ذرات مشخص را در هوا داشته باشد و از قابلیت تمایز اندازه برخوردار باشد.

یادآوری- عموما به منظور طبقه‌بندی تمیزی هوا از LSAPC استفاده شود.

الف ۲-۲ کالیبراسیون دستگاه

ذره شمار باید دارای گواهینامه معتبر کالیبراسیون باشد: باید روش کالیبراسیون و تواتر آن بر اساس دستورالعمل‌های مذکور در استاندارد ISO 21501-4 باشد.

یادآوری- برخی از ذره شمارها نمی‌توانند برای تمامی آزمون‌های الزام شده در استاندارد ISO 21501-4 کالیبره شوند. در این صورت، در اعلام نتایج استفاده از ذره شمارش این مورد ذکر شود.

الف-۳ آماده‌سازی آزمون ذره‌شمار

قبل از انجام آزمون، کلیه جنبه‌های مرتبط با اتاق یا ناحیهٔ تمیز را که در عملکرد صحیح آن دخالت دارند، از نظر کامل بودن و عملکرد مطابق با ویژگی‌های عملکردی را تصدیق کنید.

باید هنگام تعیین توالی برای انجام آزمون‌های پشتیبان برای عملکرد اتاق تمیز، نهایت دقت را به عمل آورید. درپیوست الف، استاندارد ISO 14644-4، بازبینه‌ای (چک‌لیست)[1] ارائه شده است.

1 - Checklist

الف-۴ تعیین نقاط نمونه‌برداری

الف-۴-۱ تعیین تعداد نقاط نمونه‌برداری

کمینه تعداد نقاط نمونه‌گیری (N_L) را از جدول الف-۱ به‌دست آورید. درجدول الف-۱، تعداد نقاط نمونه‌برداری در ارتباط با هر قسمت از اتاق یا ناحیهٔ تمیز که باید طبقه‌بندی شود، ارائه شده است و دست‌کم ٪۹۵ اطمینان مشخص می‌کند که دست‌کم ٪۹۰ اتاق تمیز یا ناحیه تمیز از حدود طبقه، تجاوز نمی‌کند.

جدول الف-۱- نقاط نمونه‌برداری در رابطه با ناحیه تمیز

مساحت اتاق تمیز (m^2) کمتر از یا برابر با	کمینه تعداد نقاط نمونه‌برداری مورد آزمون (N_L)
۲	۱
۴	۲
۶	۳
۸	۴
۱۰	۵
۲۴	۶
۲۸	۷
۳۲	۸
۳۶	۹
۵۲	۱۰
۵۶	۱۱
۶۴	۱۲
۶۸	۱۳
۷۲	۱۴
۷۶	۱۵
۱۰۴	۱۶
۱۰۸	۱۷
۱۱۶	۱۸
۱۴۸	۱۹
۱۵۶	۲۰
۱۹۲	۲۱
۲۳۲	۲۲
۲۷۶	۲۳
۳۵۲	۲۴

مساحت اتاق تمیز (m^2) کمتر از یا برابر با	کمینه تعداد نقاط نمونه‌برداری مورد آزمون (N_L)
۴۳۶	۲۵
۶۳۶	۲۶
۱۰۰۰	۲۷
>۱۰۰۰	به فرمول الف -۱ مراجعه شود.
یادآوری ۱- اگر مساحت مورد بررسی بین دو مقدار در این جدول قرار گیرد، باید مقدار بزرگتر انتخاب شود. یادآوری ۲- در صورت وجود جریان هوای یک‌سویه، مساحت می‌تواند مقطع عرضی هوای متحرک قائم بر جهت جریان هوا باشد. در سایر موارد، مساحت ممکن است به عنوان مساحت پلان افقی اتاق تمیز یا ناحیهٔ تمیز باشد.	

الف-۴-۲ موقعیت‌یابی نقاط نمونه‌برداری

برای موقعیت‌یابی نقاط نمونه‌برداری:

الف- از کمینه تعداد نقاط نمونه‌برداری N_L بر گرفته از جدول الف-۱ استفاده کنید،

ب- سپس کل اتاق تمیز یا ناحیهٔ تمیز را به بخش‌های N_L با مساحت مساوی تقسیم کنید،

پ- در هر بخش، یک نقطه نمونه‌برداری را که معرف ویژگی‌های آن بخش است، انتخاب کنید،

ت- در هر نقطه، پروب[1] ذره‌شمار را در منطقهٔ کار[2] یا هر نقطهٔ مشخص‌شدهٔ دیگری قرار دهید.

نقاط نمونه‌برداری اضافی ممکن است برای نقاطی که بحرانی فرض شده است، انتخاب شود. شماره و موقعیت‌های آنها نیز باید مورد توافق قرار گیرد و مشخص شود.

بخش‌های اضافی و نقاط نمونه‌برداری مرتبط ممکن است جهت تسهیل تقسیمات فرعی به بخش‌های مساوی مورد استفاده قرار گیرند.

برای اتاق‌های تمیز یا نواحی تمیز که بدون جریان هوای یک‌سویه هستند، ممکن است نقاط قرار گرفته مستقیماً در زیر منابع هوایی منتشرنشده، قرار گیرند معرف آن ناحیه نباشند.

1 - Porob
2 - Plan of work activity

الف-۴-۳ نقاط نمونه‌برداری برای اتاق‌های تمیز یا نواحی تمیز بزرگ

هنگامی که مساحت اتاق تمیز یا ناحیهٔ تمیز بیشتر از m^2 ۱۰۰۰ باشد، از فرمول الف-۱ برای تعیین کمینه تعداد نقاط نمونه‌برداری استفاده کنید.

$$N_L = 27 \times \left(\frac{A}{1\,000} \right)$$

(الف-۱)

که در آن:

N_L کمینه تعداد نقاط نمونه‌برداری، تحت ارزیابی، گرد شده به عدد صحیح بعدی؛

A مساحت اتاق تمیز بر حسب m^2.

الف۴-۴ تعیین حجم نمونه واحد و زمان نمونه‌برداری به ازای نقطه (نمونه‌برداری)

در صورتی که تراکم ذرات برای بزرگترین اندازه ذره انتخاب‌شده در حد طبقه ایزو باشد در هر نقطه نمونه‌برداری، حجمی از هوا را که برای شناسایی کمینه 20 ذره کفایت کند، بردارید.

حجم نمونهٔ واحد، V_S، به ازای هر نقطه نمونه‌برداری را از فرمول زیر تعیین کنید.

$$V_s = \left(\frac{20}{C_{n,m}} \right) \times 1000$$

(الف-۲)

که در آن:

V_S کمینه حجم نمونه واحد برداشته‌شده به ازای هر نقطهٔ نمونه‌برداری، بیان‌شده برحسب l (برای آگاهی از استثناها به پیوست ت مراجعه کنید)؛

$C_{n,m}$ حد طبقه (تعداد ذرات به ازای هر متر مکعب) برای بزرگترین اندازه ذره مشخص‌شده برای آن طبقه؛

20 تعداد ذرات قابل شمارش در صورتی‌که تراکم ذرات در حد طبقه باشد؛

برای هر نمونه در هر نقطه کمینه حجم نمونه‌برداری‌شده باید l ۲، و مدت زمان آن حداقل ۱min باشد، هر حجم نمونه واحد در هر نقطه نمونه‌برداری باید یکسان باشد.

هنگامی‌که V_S خیلی بزرگ باشد، مدت زمان لازم برای نمونه‌برداری مهم خواهد بود. با استفاده از روش نمونه‌برداری متوالی انتخابی؛ (به پیوست ت مراجعه شود)، می‌توان حجم و نیز مدت زمان لازم برای نمونه‌برداری را کاهش داد.

الف -۵ روش اجرایی نمونه‌برداری

الف-۵-۱ دستگاه ذره‌شمار (به بند الف-۲ مراجعه شود) را بر اساس دستورالعمل‌های تولیدکننده و از جمله بررسی نمایشگر صفر، راه‌اندازی کنید.

الف-۵-۲ پروب نمونه‌برداری را باید در راستای جریان هوا قرار دهید. اگرجهت جریان هوای تحت نمونه‌برداری، کنترل‌شده یا قابل پیش‌بینی نباشد (برای مثال برای جریان غیریکنواخت) ورودی پروب نمونه‌برداری را باید به صورت عمودی رو به بالا قرار دهید.

الف-۵-۳ قبل از نمونه برداری از استقرار شرایط عادی در وضعیت مجموعه تمیز اطمینان حاصل کنید.

الف-۵-۴ به عنوان حداقل‌ها، حجم هوای تعیین‌شده در زیر بند الف-۴-۴ را برای هر نمونه در هر نقطهٔ نمونه‌برداری، نمونه‌برداری کنید.

الف-۵-۵ اگر شمارش غیرمعمول در نقطه‌ای به علت وقوع حالت غیرطبیعی یافت شود باید این عدد لحاظ نشود و در گزارش آزمون نیز ذکر شود و نمونه جدیدی گرفته شود.

الف-۵-۶ اگر شمارش غیرمعمول به علت مشکل فنی اتاق تمیز یا تجهیزات، حادث شود، در آن صورت باید آن مشکل شناسایی و اقدامات برای رفع مشکل انجام گیرد، دوباره از نقاط مجاور، بررسی به عمل آید. نقطه نمونه‌برداری ناموفق، و سایر نقاط تحت تأثیر قرار گرفته نتایج باید به وضوح ثبت و تفسیر شود.

الف- ۶ پردازش نتایج

الف-۶-۱ ثبت نتایج

نتیجه هر اندازه‌گیری در مورد نمونه‌ها را به‌صورت تعداد ذرات حجم نمونهٔ واحد را، در اندازه(های) ذرات مورد نظر متناسب با طبقه ایزو برای تمیزی هوا ثبت کنید.

یادآوری- برای ذره‌شمارها با روش محاسبه تراکم ارزشیابی دستی ممکن است لازم نباشد.

الف-۶-۱-۱ میانگین تراکم ذرات در هر نقطهٔ نمونه‌برداری

هنگامی‌که از دو یا چند حجم نمونهٔ واحد در یک نقطه گرفته شود، میانگین تعداد ذرات را به‌ازای هر نقطه در اندازهٔ ذرات مورد نظر از تک تک نمونه‌ها بر اساس فرمول (الف -۳)، محاسبه و ثبت کنید.

$$\overline{x}_i = \left(\frac{x_{i.1} + x_{i.2} + \ldots x_{i.n}}{n} \right) \qquad \text{(الف -۳)}$$

که در آن:

$\overline{x}_i$ متوسط تعداد ذرات در نقطه، i، نماینده هر نقطه؛

$x_{i.1}$ to $x_{i.n}$ تعداد ذرات در تک تک نمونه‌ها؛

n تعداد نمونه‌های برداشته‌شده در نقطهٔ i؛

الف-۶-۱-۲ محاسبهٔ تراکم به ازای متر مکعب

$$C_i = \frac{\overline{x}_i \times 1000}{V_t}$$

(الف-۴)

که در آن:

Ci تراکم ذرات در هر متر مکعب؛

$\overline{x}_{ii}$ متوسط تعداد ذرات در نقطهٔ i، نمایندهٔ هر نقطه؛

Vt حجم نمونه واحد انتخاب‌شده بر حسب l.

الف- ۶-۲ تفسیر نتایج

الف ۶-۲-۱ الزامات مربوط به طبقه‌بندی

اتاق تمیز یا ناحیهٔ تمیز، الزامات مشخص‌شده مربوط به طبقه‌بندی تمیزی هوا را موقعی برآورده می‌کند که، میانگین تراکم ذرات (بیان‌شده به صورت تعداد ذرات در هر متر مکعب اندازه‌گیری‌شده) در هر نقطهٔ نمونه‌برداری بیشتر از حدود تراکم مشخص شده در جدول ۱ نباشد.

در صورت استفاده از طبقات یا اندازه‌های ذرات میانی همان‌گونه که در پیوست ث آمده است، باید حدود مناسب حاصل از جدول ث-۱ و یا فرمول ث-۱ مورد استفاده قرار گیرند.

الف- ۶-۲-۲ نتایج غیرعادی

در صورت حصول نتایج غیرعادی باید بررسی‌های بیشتری صورت گیرد. نتایج این بررسی و اقدامات اصلاحی باید در گزارش نتایج آزمون ثبت شود (به زیربند ۵-۴ مراجعه شود).

پیوست ب

(آگاهی‌دهنده)

مثال‌هایی از محاسبات طبقه‌بندی

ب-۱ مثال ۱

ب-۱-۱ اتاق تمیزی با مساحت $18m^2$ دارد و در بهره‌برداری به عنوان طبقه ۵ ایزو مشخص شده است. قرار است طبقه‌بندی به وسیله ذره‌شمار ناپیوسته با دبی ۲۸٫۳ لیتر در هر دقیقه صورت پذیرد. دو اندازه برای ذرات در نظر گرفته شده است: $D\geq 0,5\mu m$ و $D\geq 0,3\mu m$.

تعداد نقاط نمونه‌برداری، N_L، بر اساس جدول الف-۱، شش تعیین می‌شود.

ب-۱-۲ حدود تراکم ذرات برای طبقه ۵ ایزو از جدول ۱ به‌دست می‌آید:

$Cn\ (\geq 0,3\ \mu m) = 10\ 200\ particles/m^3$
$Cn\ (\geq 0,5\ \mu m) = 3\ 520\ particles/m^3$

ب-۱-۳ حجم نمونه واحد مورد نیاز توسط فرمول الف-۲ به صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$V_s = \left(\frac{20}{C_{n,m}}\right) \times 1000$$

$$V_s = \left(\frac{20}{3520}\right) \times 1000$$

$$V_s = (0,00568) \times 1000$$

$$V_s = 5,68\,litres$$

حجم هر نمونه واحد عدد ۵٫۶۸ l محاسبه شده است. از آن‌جایی که LSAPC مورد استفاده در این آزمون دارای دبی ۲۸٫۳ لیتر در دقیقه بود، نمونه واحد ۱min مورد نیاز است (به زیربند الف-۴-۴ پیوست الف مراجعه شود) و بنابراین ۲۸٫۳ l برای هر یک از حجم‌های نمونه واحد، نمونه‌برداری می‌شود.

یادآوری- در زیر بند الف- ۴-۴ کمینه حجم نمونه برای این روش با محاسبهٔ کمینه حجم نمونه فوق‌الذکر به دست می‌آید و سپس حجم نمونه برای عملکرد ذره‌شمار در مدت یک دقیقه تعیین می‌شود.

نمونه‌برداری در هر موقعیت باید دست‌کم مدت min ۱ به طول انجامد؛ اگر کمینه حجم نمونه همان گونه که محاسبه شده است در یک دقیقه رضایت‌بخش باشد، در این صورت نمونه‌برداری در انتهای یک دقیقه تمام می‌شود. اگر کمینه حجم محاسبه‌شده در انتهای یک دقیقه را نتوان با دبی دستگاه مورد استفاده در ۱min به‌دست آورد، آنگاه نمونه‌برداری باید به مدت بیشتری ادامه یابد تا دست‌کم، کمینه حجم نمونه به دست آید. به دلیل وجود دبی‌های متفاوتی برای ذره‌شمارها، کاربران باید دبی دستگاه‌های خاص مورد استفاده را هنگام تعیین زمان لازم برای نمونه‌برداری تصدیق کنند تا هم الزام min ۱ رعایت شود و هم کمینه حجم نمونهٔ محاسبه‌شده تأمین شود.

ب-۱-۴ در هر نقطه نمونه‌برداری فقط یک حجم از نمونه گرفته‌شود. تعداد ذرات در هر متر مکعب xi برای هر نقطه و هر اندازه ذره به صورتی‌که در جداول ب-۱ و ب-۲ نشان داده شده است محاسبه می‌شود.

جدول ب-۱- داده‌های نمونه‌برداری برای ذرات $\geq$۰٫۳ µm

نقطهٔ نمونه‌برداری	نمونه ۱ $x_i \geq$۰٫۳ µm (شمارش ها به ازای ۲۸٫۳ l)	میانگین نقاط نمونه‌برداری (شمارش‌ها به ازای ۲۸٫۳ l)	میانگین تراکم نقطه (شمارش‌ها به ازای متر مکعب برابر است با میانگین نقطه ضرب در ۳۵٫۳)	حد طبقه ۵ ایزو برای اندازه ذرات ۰٫۳µm	قبول یا رد
۱	۲۴۵	۲۴۵	۸۶۴۹	۱۰۲۰۰	قبول
۲	۱۸۵	۱۸۵	۶۵۳۱	۱۰۲۰۰	قبول
۳	۵۹	۵۹	۲۰۸۳	۱۰۲۰۰	قبول
۴	۱۰۶	۱۰۶	۳۷۴۲	۱۰۲۰۰	قبول
۵	۱۶۴	۱۶۴	۵۷۸۹	۱۰۲۰۰	قبول
۶	۱۹۶	۱۹۶	۶۹۱۹	۱۰۲۰۰	قبول

جدول ب-۲-داده‌های نمونه‌برداری برای ذرات $\geq$ ۰٫۵ µm

نقطهٔ نمونه‌برداری	نمونه ۱ $x_i \geq$ ۰٫۵µm (شمارش ها به ازای ۲۸٫۳ l)	میانگین نقاط نمونه‌برداری (شمارش‌ها به ازای ۲۸٫۳ l)	میانگین تراکم نقطه (شمارش‌ها به ازای متر مکعب برابر است با میانگین نقطه ضرب در ۳۵٫۳)	حد طبقه ۵ ایزو برای اندازه ذرات µm۰٫۵	قبول یا رد
۱	۲۱	۲۱	۷۴۱	۳۵۲۰	قبول
۲	۲۴	۲۴	۸۴۷	۳۵۲۰	قبول
۳	۰	۰	۰	۳۵۲۰	قبول
۴	۷	۷	۲۴۷	۳۵۲۰	قبول
۵	۲۲	۲۲	۷۷۷	۳۵۲۰	قبول
۶	۲۵	۲۵	۸۸۳	۳۵۲۰	قبول

ب-۱-۵ هر مقدار از تراکم برای D$\geq$ ۰٫۳ µm کمتر از حد ۱۰۲۰۰ ذره در متر مکعب و برای D $\geq$۰٫۵ µm کمتر از حد۳۵۲۰ ذره در متر مکعب است، همان‌گونه که در جدول ب-۱-۲ نشان داده‌شده است، بنابراین تمیزی هوا از نظر تراکم ذرات اتاق تمیز مطابق طبقه ایزو است.

ب-۲ مثال۲

ب-۲-۱ اتاق تمیزی با مساحت ۹ متر مربع در بهره‌برداری مطابق طبقه ۳ ایزو است. قرار است طبقه‌بندی با استفاده از ذره‌شمار با دبی ۵۰٫۰ لیتر در دقیقه انجام شود.

فقط یک ذره به اندازه (D$\geq$ ۰٫۱µm) لحاظ شده است.

تعداد نقطه‌های نمونه برداری N_L بر اساس جدول الف -۱، پنج نقطه تعیین شده است.

ب-۲-۲ حد تراکم ذرات برای طبقه ۳ استاندارد ایزو در مقادیر µm ۰٫۱ $\geq$ از جدول ۱ گرفته شده است.

Cn ($\geq$ 0,1 µm) = 1 000 particles/m^3

ب-۲-۳ حجم نمونه واحد مورد نیاز را می‌توان به صورت زیر از فرمول الف -۲ محاسبه نمود.

$$V_s = \left(\frac{20}{C_{n,m}}\right) \times 1000$$

$$V_s = \left(\frac{20}{1000}\right) \times 1000$$

$$V_s = (0,02) \times 1000$$

$$V_s = 20,0\,\text{litres}$$

حجم نمونهٔ واحد ۲۰٫۰ l محاسبه شده است. چون ذره‌شمار ناپیوسته که در این آزمون به‌کار رفته است دبی ۵۰٫۰ لیتر در دقیقه را دارا بود، شمارش نمونه واحد یک دقیقه‌ای مورد نیاز است (به زیربند الف ۴-۴ پیوست الف مراجعه شود) و بنابراین ۵۰٫۰ l برای هر حجم نمونه واحد باید نمونه‌گیری شود.

ب-۲-۴ در هر نقطه نمونه‌برداری باید فقط یک حجم نمونه گرفته‌شود. تعداد ذرات در هر متر مکعب، x_i برای هر نقطه محاسبه شده و در جدول ب-۳ ثبت شده است.

جدول ب-۳ داده‌های نمونه‌برداری برای ذرات ≥۰٫۱ µm

نقطهٔ نمونه‌برداری	نمونه ۱ $x_i \geq$ ۰٫۱µm (شمارش‌ها به ازای ۵۰٫۰ l)	میانگین نقاط نمونه‌برداری (شمارش‌ها به ازای ۵۰٫۰ l)	میانگین تراکم نقطه (شمارش‌ها به ازای متر مکعب برابر است با میانگین نقطه ضرب در ۳۵٫۳)	حد طبقه ۵ ایزو برای اندازهٔ ذرات ۰/۱µm	قبول یا رد
۱	۴۶	۴۶	۹۲۰	۱۰۰۰	قبول
۲	۴۷	۴۷	۹۴۰	۱۰۰۰	قبول
۳	۴۶	۴۶	۹۲۰	۱۰۰۰	قبول
۴	۴۴	۴۴	۸۸۰	۱۰۰۰	قبول
۵	۹	۹	۱۸۰	۱۰۰۰	قبول

ب-۲-۵ هر مقدار از تراکم برای D≥ ۰٫۱ µm کمتر از حد ۱۰۰۰ ذره در هر متر مکعب می‌باشد. همان‌گونه که در جدول ۱ نشان داده شده است. بنابراین تمیزی هوا بر اساس تراکم ذرات اتاق تمیز مطابق طبقه ایزو است.

ب-۳ مثال ۳

ب-۳ -۱ اتاق تمیزی با مساحت ۶۴ متر مربع در بهره‌برداری مطابق طبقه ۵ ایزو می‌باشد. طبقه‌بندی قرار است توسط ذره‌شمار ناپیوسته با دبی ۲۸٫۳ لیتر در دقیقه انجام شود. فقط یک اندازه ذره (D ≥ ۰٫۵ µm) لحاظ شده است.

تعداد نقاط نمونه‌برداری یا N_L بر اساس جدول الف-۱ عدد ۱۲ تعیین شده است.

ب-۳-۲ حد تراکم ذرات برای طبقه ۵ ایزو در ≥۰٫۵ µm از جدول ۱ گرفته شده است.

Cn ($\geq$ 0,5 µm) = 3 520 particles/m^3

ب-۳-۳ حجم نمونه واحد مورد نیاز توسط فرمول (الف -۲) محاسبه می‌شود.

$$V_s = \left(\frac{20}{C_{n,m}}\right) \times 1000$$

$$V_s = \left(\frac{20}{3520}\right) \times 1000$$

$$V_s = \left(0,00568\right) \times 1000$$

$$V_s = 5,68 \text{ litres}$$

حجم نمونه واحد عدد ۵٫۶۸ l محاسبه شده است. از آن‌جایی که ذره شمار ناپیوسته مورد استفاده در این آزمون دارای دبی ۲۸٫۳ لیتر در هر دقیقه است، شمارش نمونه واحد یک دقیقه‌ای لازم خواهد بود (به زیربند الف-۴-۴ پیوست الف مراجعه شود) و بنابراین مقدار ۲۸٫۳ l برای هر حجم از نمونه واحد برداشته شده است.

ب-۳-۴ در هر نقطهٔ نمونه‌برداری فقط یک حجم نمونه گرفته می‌شود. تعداد ذرات در هر متر مکعب، x_i، برای هر نقطه، محاسبه شده و در جدول ب-۴ ثبت شده است.

جدول ب-۴- داده‌های نمونه‌برداری برای ذرات µm ۰٫۵≤

نقطهٔ نمونه‌برداری	نمونه ۱ $x_i \geq$ ۰٫۵ µm	میانگین نقاط نمونه‌برداری (شمارش ها به ازای ۲۸٫۳ l)	میانگین تراکم نقطه (شمارش‌ها به ازای متر مکعب برابر است با میانگین نقطه ضرب در ۳۵٫۳)	حد طبقه ۵ ایزو برای اندازه ذرات ۰٫۵ µm	قبول یا رد
۱	۳۵	۳۵	۱۲۳۶	۳۵۲۰	قبول
۲	۲۲	۲۲	۷۷۷	۳۵۲۰	قبول
۳	۸۹	۸۹	۳۱۴۲	۳۵۲۰	قبول
۴	۴۹	۴۹	۱۷۳۰	۳۵۲۰	قبول
۵	۱۰	۱۰	۳۵۳	۳۵۲۰	قبول
۶	۶۰	۶۰	۲۱۱۸	۳۵۲۰	قبول
۷	۱۸	۱۸	۶۳۵	۳۵۲۰	قبول
۸	۴۴	۴۴	۱۵۵۳	۳۵۲۰	قبول
۹	۵۹	۵۹	۲۰۸۳	۳۵۲۰	قبول
۱۰	۵۱	۵۱	۱۸۰۰	۳۵۲۰	قبول
۱۱	۶	۶	۲۱۲	۳۵۲۰	قبول
۱۲	۳۱	۳۱	۱۰۹۴	۳۵۲۰	قبول

ب-۳-۵ هر حجم از تراکم برای µm ۰٫۵ $D \geq$ کمتر از حد ۳۵۲۰ ذره در متر مکعب نشان داده شده که در جدول ۱ است. بنابراین تمیزی هوا از تراکم ذرات اتاق تمیز مطابق طبقه ایزو است.

ب-۴ مثال۴:

ب-۴-۱ اتاق تمیزی با مساحت ۲۵ متر مربع در بهره‌برداری مطابق استاندارد ایزو طبقه ۵ می‌باشد. طبقه‌بندی با استفاده از ذره‌شمار ناپیوسته با میزان دبی ۲۸٫۳ لیتر در دقیقه می‌باشد. فقط یک اندازه ذره $D \geq$ ۰٫۵ µm لحاظ شده است.

کمینه تعداد نقاط نمونه‌برداری طبق جدول الف-۱، هفت است.

ب-۴-۲ حد تراکم ذرات برای ایزو طبقه ۵ در µm ۰٫۵≤ از جدول ۱ به شرح زیر است.

$C_n (\geq 0{,}5\ \mu m) = 3\ 520\ particles/m^3$

ب-۴-۳ حجم نمونه واحد مورد نیاز را می‌توان با استفاده از فرمول الف-۲ به‌دست آورد.

$$V_s = \left(\frac{20}{C_{n,m}}\right) \times 1000$$

$$V_s = \left(\frac{20}{3520}\right) \times 1000$$

$$V_s = \left(0,00568\right) \times 1000$$

$$V_s = 5,68 \,\text{litres}$$

حجم نمونه واحد، ۵٫۶۸ l محاسبه شده است.

چون ذره‌شمار مورد استفاده در این آزمون دارای دبی ۲۸٫۳ l است. یک شمارش نمونه واحد یک دقیقه‌ای مورد نیاز است (به زیربند الف ۴-۴ پیوست الف مراجعه شود) بنابراین مقدار ۲۸٫۳ l برای هر حجم از نمونه واحد برداشته شده است .

ب-۴-۴ تعداد نقاط نمونه‌برداری مورد نیاز طبق جدول الف-۱ عدد هفت است، اگر چه این، مثال نشان می‌دهد که مشتری و تامین‌کننده توافق کرده‌اند که سه نقطهٔ اضافی جهت نمونه‌برداری در نظر بگیرند و کلاً تعداد نقاط نمونه‌برداری را به ۱۰ برسانند. تراکم در هر محل نمونه‌برداری تعداد حجم‌های نمونه واحد بین یک تا سه متغیر است.

ب-۴-۵ برای ثبت نتایج، تعداد ذرات (تراکم) در هر متر مکعب، x_i از طریق شمارش میانگین به ازای واحد حجم (۲۸٫۳ l) در هر نقطه (۲۸٫۳×۳٫۳) همان‌گونه که در جدول ب -۵ نشان داده شده است، محاسبه می‌شود.

جدول ب-۵ داده‌های نمونه‌برداری برای ذرات $\geq$ ۰٫۵ µm

نقطهٔ نمونه‌برداری	نمونه ۱ $x_i \geq$ ۰٫۵µm (شمارش ها به ازای ۲۸٫۳ l)	نمونه ۲ $x_i \geq$ ۰٫۵µm (شمارش ها به ازای ۲۸٫۳ l)	نمونه ۳ $x_i \geq$ ۰٫۵µm (شمارش ها به ازای ۲۸٫۳ l)	میانگین نقاط نمونه برداری (شمارش ها به ازای ۲۸٫۳ l)	میانگین تراکم نقطه (شمارش‌ها به ازای متر مکعب برابر است با میانگین نقطه ضرب در ۳۵٫۳)	حد طبقه ۵ ایزو برای اندازه ذرات ۰٫۵ µm	قبول یا رد
۱	۴۷	۵۷		۵۲	۱۸۳۶	۳۵۲۰	قبول
۲	۱۲			۱۲	۴۲۴	۳۵۲۰	قبول
۳	۱۶۲	۷۸	۳۲	۹۱	۳۲۰۱	۳۵۲۰	قبول
۴	۱۴۸	۷۴	۱۳۲	۱۱۸	۴۱۶۵	۳۵۲۰	قبول
۵	۱	۰		۰/۵	۱۸	۳۵۲۰	قبول
۶	۱۹	۲۲	۱۷	۱۹	۶۸۲	۳۵۲۰	قبول
۷	۵	۱۵	۳	۸	۲۷۱	۳۵۲۰	قبول
۸	۳۸	۲۱		۳۰	۱۰۴۱	۳۵۲۰	قبول
۹	۵۴	۱۵۹	۷۸	۹۷	۳۴۲۴	۳۵۲۰	قبول
۱۰	۴۸	۶۲	۵۳	۵۴	۱۹۱۸	۳۵۲۰	قبول

ب-۴-۶ در نقطهٔ نمونه‌برداری ۴، میانگین تراکم حجم نمونه معادل ۴۱۶۵ بوده که معیار مربوط به بیشینه شمارش ذرات معادل ۳۵۲۰ در طبقهٔ ۵ ایزو را تأمین نمی‌کند. در محل۳ و ۹ یکی از تراکم‌های شمارش ذرات نشان داده شده در جدول ۱ را دارا نمی‌باشد، اگر چه میانگین تراکم ذرات برای نقطه ۳ و میانگین تراکم ذرات برای نقطه ۹ حدود مشخص شده در جدول ۱ را داراست. به علت این که نقطه ۴ تمیزی هوا بر اساس تراکم ذرات را برآورده نمی‌کند، اتاق تمیز مطابق طبقه ایزو نمی‌باشد.

ب- ۵ مثال ۵

ب-۵-۱ اتاق تمیزی با مساحت ۱۰٫۷ متر مربع در بهره‌برداری به عنوان طبقه ایزو ۷٫۵ مشخص شده است، طبقه‌بندی توسط ذره‌شمار ناپیوسته با میزان دبی ۲۸٫۳ لیتر در دقیقه انجام پذیرفته است. تنها اندازهٔ ذره $D \geq$ ۰٫۵ µm لحاظ شده است.

تعداد نقاط نمونه‌برداری بر اساس جدول الف -۱ عدد ۶ مشخص شده است.

ب-۵-۲ حد تراکم ذرات برای طبقه ایزو ۷٫۵ در $\geq 0{,}5\ \mu m$ از جدول ث-۱ به‌دست می‌آید.

$$C_n\left(\geq 0{,}5\mu\mathrm{m}\right) = 10^N \times \left(\frac{0{,}1}{D}\right)^{2{,}08} \quad \text{where } N = 7{,}5 \text{ and } D = 0{,}5\mu\mathrm{m}$$

$$C_n\left(\geq 0{,}5\mu\mathrm{m}\right) = 10^{7{,}5} \times \left(\frac{0{,}1}{0{,}5}\right)^{2{,}08}$$

$$C_n\left(\geq 0{,}5\mu\mathrm{m}\right) = 31\,622\,777 \times 0{,}035\,167\,57$$

$$C_n\left(\geq 0{,}5\mu\mathrm{m}\right) = 1\,112\,096 \text{ rounded to three significant digits} = 1\,110\,000 \text{ particles/m}^3$$

ب-۵-۳ حجم نمونه واحد مورد نیاز با استفاده از فرمول الف-۲ محاسبه می‌شود.

$$V_s = \left(\frac{20}{C_{n,m}}\right) \times 1000$$

$$V_s = \left(\frac{20}{1\,112\,000}\right) \times 1000 = 0{,}017\,99 \text{ litres}$$

حجم نمونه واحد مقدار ۰٫۰۱۷۹۹۱ محاسبه شده است چون ذره شمار ناپیوسته مورد استفاده در این آزمون ، ۲۸٫۳ لیتر در دقیقه دارد، شمارش نمونه واحد یک دقیقه‌ای لازم خواهد بود (به زیربند الف ۴-۴ پیوست الف مراجعه شود) و بنابراین ۲۸٫۳ l برای هر حجم نمونه واحد، نمونه‌برداری می‌شود.

ب-۵-۴ در هر نقطه نمونه‌برداری، تعداد حجم‌های نمونه واحد بین ۱ تا ۳ متغیر است. تعداد ذرات در هر متر مکعب x_i برای هر نقطه محاسبه می‌شود و در جدول ب-۶ ثبت می‌شود.

جدول ب-۶- داده های نمونه برداری برای ذرات $\geq$ ۰٫۵ µm

نقطهٔ نمونه‌برداری	نمونه ۱ $x_i \geq$ ۰٫۵µm (شمارش ها به ازای ۲۸٫۳ l)	نمونه ۲ $x_i \geq$ ۰٫۵µm (شمارش ها به ازای ۲۸٫۳ l)	نمونه ۳ $x_i \geq$ ۰٫۵µm (شمارش ها به ازای ۲۸٫۳ l)	میانگین نقاط نمونه برداری (شمارش ها به ازای ۲۸٫۳ l)	میانگین تراکم نقطه (شمارش‌ها به ازای متر مکعب برابر است با میانگین نقطه ضرب در ۳۵٫۳)	حد طبقه ۷٫۵ ایزو برای اندازه ذرات ۰٫۵ µm	قبول یا رد
۱	۱۱۶۷۹			۱۱۶۷۹	۴۱۲۲۶۹	۱۱۱۰۰۰۰	قبول
۲	۹۰۴۵			۹۰۴۵	۳۱۹۲۸۹	۱۱۱۰۰۰۰	قبول
۳	۱۲۶۹۹			۱۲۶۹۹	۴۴۸۲۷۵	۱۱۱۰۰۰۰	قبول
۴	۲۶۲۳۲	۲۷۵۵۵	۳۴۶۳۲	۲۹۴۷۳	۱۰۴۰۳۹۷	۱۱۱۰۰۰۰	قبول
۵	۷۸۳۹			۷۸۳۹	۲۷۶۷۱۷	۱۱۱۰۰۰۰	قبول
۶	۱۳۶۶۹			۱۳۶۶۹	۴۸۲۵۱۶	۱۱۱۰۰۰۰	قبول

ب-۵-۵ در نقطهٔ نمونه‌برداری ۴، سومین تراکم حجم نمونه که معادل ۱۲۲۲۵۰۷ (۵۳/۵ ۳۴۶۳۲) می-باشد، بیشینه معیار شمارش ذرات ۱۱۱۰۰۰۰ طبقه ایزو ۷٫۵ را برآورده نمی‌کند. تراکم درهر حجم نمونه واحد مطابق حد تعیین‌شده درجدول ث-۱ نمی‌باشد. اگر چه میانگین تراکم ذرات در هر نقطهٔ نمونه‌برداری مطابق حدود تعیین‌شده در جدول ث-۱ است. بنابراین تمیزی هوا بر اساس تراکم ذرات در اتاق تمیز، مطابق طبقهٔ ایزو است.

ب-۶ مثال ۶

ب-۶-۱ اتاق تمیزی با مساحت ۲۱۰۰ متر مربع در بهره‌برداری مطابق طبقهٔ ۷ ایزو می‌باشد. طبقه‌بندی با استفاده از ذره‌شمار ناپیوسته با میزان دبی ۲۸٫۳ لیتر در دقیقه می‌باشد. تنها یک اندازه ذره $D \geq$ ۰٫۵ µm لحاظ شده است.

تعداد نقاط نمونه‌برداری یا N_L که در جدول الف-۱ نشان داده شده است، محدود به اتاق‌های تمیز با مساحت ۱۰۰۰ متر مربع است.

برای اتاق تمیز با مساحت ۲۱۰۰ متر مربع تعداد نقاط نمونه‌برداری از فرمول (الف – ۱) محاسبه می‌شود.

$$2100 \times \left(\frac{27}{1000} \right) = 56,7 \text{ rounded to } 57$$

ب-۶-۲ حد تراکم ذرات برای طبقهٔ ۷ ایزو در مقادیر ۰٫۵ □ جدول ۱ به دست می‌آید.

$$C_n \, (\geq 0,5 \, \mu m) = 352\,000 \text{ particles/m}^3$$

ب-۶-۳ حجم نمونهٔ واحد مورد نیاز، از فرمول الف - ۲ به شکل زیر محاسبه می‌شود:

$$V_s = \left(\frac{20}{C_{n,m}} \right) \times 1000$$

$$V_s = \left(\frac{20}{352\,000} \right) \times 1000$$

$$V_s = \left(0,0000568 \right) \times 1000$$

$$V_s = 0,0568 \text{ litres}$$

حجم نمونهٔ واحد ۰٫۰۵۶۸ l محاسبه شده است. چون ذره‌شمار ناپیوسته مورد استفاده در این آزمون میزان دبی ۲۸٫۳ لیتر در دقیقه را داراست ، یک شمارش نمونه واحد یک دقیقه‌ای مورد نیاز است (به زیربند الف- ۴-۴ مراجعه شود) و بنابراین ۲۸٫۳ l برای هر حجم نمونه واحد باید نمونه‌گیری شود.

ب-۶-۴ در هر نقطهٔ نمونه‌برداری فقط یک نمونه گرفته می‌شود تعداد ذرات در هر متر مکعب x_i برای هر نقطه محاسبه و در جدول ب-۷ ثبت شده است.

جدول ب-۷- داده های نمونه‌برداری برای ذرات $\geq$ ۰٫۵ µm

نقطهٔ نمونه‌برداری	نمونه ۱ $x_i \geq$ ۰٫۵µm (شمارش ها به ازای ۲۸٫۳ l)	میانگین نقاط نمونه‌برداری (شمارش‌ها به ازای ۲۸٫۳ l)	میانگین تراکم نقطه (شمارش‌ها به ازای متر مکعب برابر است با میانگین نقطه ضرب در ۳۵٫۳)	حد طبقهٔ ۷ ایزو برای اندازهٔ ذرات ۰٫۵ µm	قبول یا رد
۱	۵۶۷۸	۵۶۷۸	۲۰۰۴۳۴	۳۵۲۰۰۰	قبول
۲	۷۶۵۴	۷۶۵۴	۲۷۰۱۸۷	۳۵۲۰۰۰	قبول
۳	۲۳۹۸	۲۳۹۸	۸۴۶۵۰	۳۵۲۰۰۰	قبول
۴	۴۵۷۸	۴۵۷۸	۱۶۱۶۰۴	۳۵۲۰۰۰	قبول
۵	۸۷۶۵	۸۷۶۵	۳۰۹۴۰۵	۳۵۲۰۰۰	قبول
۶	۴۸۷۷	۴۸۷۷	۱۷۲۱۵۹	۳۵۲۰۰۰	قبول
۷	۸۷۲۳	۸۷۲۳	۳۰۷۹۲۲	۳۵۲۰۰۰	قبول
۸	۷۶۳۲	۷۶۳۲	۲۶۹۴۱۰	۳۵۲۰۰۰	قبول
۹	۷۶۴۳	۷۶۴۳	۲۶۹۷۹۸	۳۵۲۰۰۰	قبول
۱۰	۶۷۵۶	۶۷۵۶	۲۳۸۴۸۷	۳۵۲۰۰۰	قبول
۱۱	۵۶۷۸	۵۶۷۸	۲۰۰۴۳۴	۳۵۲۰۰۰	قبول
۱۲	۵۴۷۶	۵۴۷۶	۱۹۳۳۰۳	۳۵۲۰۰۰	قبول
۱۳	۸۵۷۶	۸۵۷۶	۳۰۲۷۳۳	۳۵۲۰۰۰	قبول
۱۴	۷۷۶۵	۷۷۶۵	۲۷۴۱۰۵	۳۵۲۰۰۰	قبول
۱۵	۳۴۵۶	۳۴۵۶	۱۲۱۹۹۷	۳۵۲۰۰۰	قبول
۱۶	۵۸۸۸	۵۸۸۸	۲۰۷۸۴۷	۳۵۲۰۰۰	قبول
۱۷	۳۴۵۹	۳۴۵۹	۱۲۲۱۰۳	۳۵۲۰۰۰	قبول
۱۸	۷۶۶۶	۷۶۶۶	۲۷۰۶۱۰	۳۵۲۰۰۰	قبول
۱۹	۸۵۶۷	۸۵۶۷	۳۰۲۴۱۶	۳۵۲۰۰۰	قبول
۲۰	۸۳۴۵	۸۳۴۵	۲۹۴۵۷۹	۳۵۲۰۰۰	قبول

نقطهٔ نمونه‌برداری	نمونه ۱ $x_i \geq$ ۰٫۵µm (شمارش ها به ازای ۲۸٫۳ l)	میانگین نقاط نمونه‌برداری (شمارش‌ها به ازای ۲۸٫۳ l)	میانگین تراکم نقطه (شمارش‌ها به ازای متر مکعب برابر است با میانگین نقطه ضرب در ۳۵٫۳)	حد طبقهٔ ۷ ایزو برای اندازهٔ ذرات ۰٫۵ µm	قبول یا رد
۲۱	۷۹۹۸	۷۹۹۸	۲۸۲۳۳۰	۳۵۲۰۰۰	قبول
۲۲	۷۶۶۵	۷۶۶۵	۲۷۰۵۷۵	۳۵۲۰۰۰	قبول
۲۳	۷۷۸۹	۷۷۸۹	۲۷۴۹۵۲	۳۵۲۰۰۰	قبول
۲۴	۸۴۴۶	۸۴۴۶	۲۹۸۱۴۴	۳۵۲۰۰۰	قبول
۲۵	۸۳۳۵	۸۳۳۵	۲۹۴۲۲۶	۳۵۲۰۰۰	قبول
۲۶	۷۹۸۸	۷۹۸۸	۲۸۱۹۷۷	۳۵۲۰۰۰	قبول
۲۷	۷۸۲۳	۷۸۲۳	۲۷۶۱۵۲	۳۵۲۰۰۰	قبول
۲۸	۷۹۱۱	۷۹۱۱	۲۷۹۲۵۹	۳۵۲۰۰۰	قبول
۲۹	۷۶۸۳	۷۶۸۳	۲۷۱۲۱۰	۳۵۲۰۰۰	قبول
۳۰	۷۹۳۵	۷۹۳۵	۲۸۰۱۰۶	۳۵۲۰۰۰	قبول
۳۱	۶۵۳۴	۶۵۳۴	۲۳۰۶۵۱	۳۵۲۰۰۰	قبول
۳۲	۴۶۶۷	۴۶۶۷	۱۶۴۷۴۶	۳۵۲۰۰۰	قبول
۳۳	۶۵۶۵	۶۵۶۵	۲۳۱۷۴۵	۳۵۲۰۰۰	قبول
۳۴	۸۷۷۱	۸۷۷۱	۳۰۹۶۱۷	۳۵۲۰۰۰	قبول
۳۵	۵۰۷۶	۵۰۷۶	۱۷۹۱۸۳	۳۵۲۰۰۰	قبول
۳۶	۶۶۷۸	۶۶۷۸	۲۳۵۷۳۴	۳۵۲۰۰۰	قبول
۳۷	۷۱۰۰	۷۱۰۰	۲۵۰۶۳۰	۳۵۲۰۰۰	قبول
۳۸	۸۶۰۳	۸۶۰۳	۳۰۳۶۸۶	۳۵۲۰۰۰	قبول
۳۹	۷۶۰۹	۷۶۰۹	۲۶۸۵۹۸	۳۵۲۰۰۰	قبول
۴۰	۷۹۵۶	۷۹۵۶	۲۸۰۸۴۷	۳۵۲۰۰۰	قبول
۴۱	۷۴۷۷	۷۴۷۷	۲۶۳۹۳۹	۳۵۲۰۰۰	قبول

نقطهٔ نمونه‌برداری	نمونه ۱ $x_i \geq$ ۰٫۵µm (شمارش ها به ازای ۲۸٫۳ l)	میانگین نقاط نمونه‌برداری (شمارش‌ها به ازای ۲۸٫۳ l)	میانگین تراکم نقطه (شمارش‌ها به ازای متر مکعب برابر است با میانگین نقطه ضرب در ۳۵٫۳)	حد طبقهٔ ۷ ایزو برای اندازهٔ ذرات ۰٫۵ µm	قبول یا رد
۴۲	۷۱۴۵	۷۱۴۵	۲۵۲۲۱۹	۳۵۲۰۰۰	قبول
۴۳	۶۹۹۸	۶۹۹۸	۲۴۷۰۳۰	۳۵۲۰۰۰	قبول
۴۴	۷۶۵۳	۷۶۵۳	۲۷۰۱۵۱	۳۵۲۰۰۰	قبول
۴۵	۶۵۳۸	۶۵۳۸	۲۳۰۷۹۲	۳۵۲۰۰۰	قبول
۴۶	۳۶۷۹	۳۶۷۹	۱۲۹۸۶۹	۳۵۲۰۰۰	قبول
۴۷	۴۸۸۷	۴۸۸۷	۱۷۲۵۱۲	۳۵۲۰۰۰	قبول
۴۸	۷۶۴۸	۷۶۴۸	۲۶۹۹۷۵	۳۵۲۰۰۰	قبول
۴۹	۸۷۴۸	۸۷۴۸	۳۰۸۸۰۵	۳۵۲۰۰۰	قبول
۵۰	۷۶۸۹	۷۶۸۹	۲۷۱۴۲۲	۳۵۲۰۰۰	قبول
۵۱	۷۳۴۵	۷۳۴۵	۲۵۹۲۷۹	۳۵۲۰۰۰	قبول
۵۲	۷۸۸۸	۷۸۸۸	۲۷۸۴۴۷	۳۵۲۰۰۰	قبول
۵۳	۷۷۶۵	۷۷۶۵	۲۷۴۱۰۵	۳۵۲۰۰۰	قبول
۵۴	۶۹۹۷	۶۹۹۷	۲۴۶۹۹۵	۳۵۲۰۰۰	قبول
۵۵	۶۹۱۳	۶۹۱۳	۲۴۴۰۲۹	۳۵۲۰۰۰	قبول
۵۶	۷۴۷۴	۷۴۷۴	۲۶۳۸۳۳	۳۵۲۰۰۰	قبول
۵۷	۸۷۷۶	۸۷۷۶	۳۰۹۷۹۳	۳۵۲۰۰۰	قبول

ب-۶-۵ هر مقدار تراکم برای $D \geq$ ۰٫۵ µm کمتر از حد ۳۵۲۰۰۰ ذره در متر مکعب تعیین شده در جدول یک است؛ بنابراین تمیزی هوا بر اساس تراکم ذرات در اتاق تمیز مطابق طبقه ایزو است.

پیوست پ

(آگاهی دهنده)

شمارش و تعیین اندازه ذرات بزرگ هوابرد

پ-۱ اصول

در بعضی شرایط، معمولاً شرایطی که در ارتباط با الزامات فرآیند خاص می‌باشند، میزان جایگزینه تمیزی هوا ممکن است بر اساس جمعیت‌های ذراتی که در گستره اندازه قابل اعمال در طبقه‌بندی نمی‌باشند، تعیین شود. بیشینه تراکم مجاز این ذرات و انتخاب روش آزمون برای تصدیق انطباق موضوعاتی هستند که باید بین مشتری و تأمین‌کننده مورد توافق قرار بگیرند. ملاحظات برای روش‌های آزمون و قالب‌های مقرر برای مشخصات در بند پ-۲ ذکر شده است.

پ-۲ بررسی ذرات بزرگتر از ۵µm (ذرات بزرگ) توصیف‌گر M

پ-۲-۱ کاربرد

اگر قرار است ریسک‌های آلودگی وارده به وسیله ذرات با قطر بزرگ‌تر از ۵µm، اندازه‌گیری شود، وسایل نمونه‌برداری و روش‌های اندازه‌گیری متناسب با ویژگی‌های خاص آن ذرات بهتر است مورد استفاده قرار گیرد.

اندازه‌گیری تراکم‌های ذرات هوابرد با توزیع اندازه‌های دارای آستانه بین۵ µm تا ۲۰ µm را می‌توان در هر سه وضعیت مجموعه ساخته‌شده، وضعیت آماده به کار، و وضعیت در حال کار به‌کار برد.

درحالی‌که آزادسازی ذرات در محیط فرآیند به‌طور طبیعی کسر ذره بزرگ در جمعیت ذرات هوابرد را افزایش می‌دهد، شناسایی وسیله نمونه‌برداری مناسب و روش اندازه‌گیری مناسب باید براساس کاربرد خاص مورد توجه قرار گیرد. عواملی مانند چگالی، شکل، حجم و رفتار آئرودینامیکی ذرات باید در نظر گرفته شوند. همچنین ممکن است لازم شود که تاکید خاصی بر اجزاء خاص کل جمعیت هوابرد مانند فیبرها به عمل آید.

پ-۲-۲ قالب توصیف‌گر M

توصیف‌گر M ممکن است به عنوان مکمل برای طبقه‌بندی تمیزی هوا بر اساس تراکم ذرات مورد استفاده قرار گیرد. توصیف‌گر M طبق قالب زیر بیان می‌شود:

"ISO *M (a; b); c*"

که در آن:

a بیشینه تراکم مجاز ذره بزرگ بیان شده به صورت ذره بزرگ در هر متر مکعب هوا؛

b قطرهای معادل مرتبط با روش خاص اندازه‌گیری ذره بزرگ بیان شده بر حسب µm؛

c روش اندازه‌گیری مشخص شده؛

مثال ۱:

بیان تراکم ۲۹ ذرات هوابرد در متر مکعب در گسترهٔ اندازه ذره µm ۵٫۰ ≤ بر پایهٔ استفاده از LASPC به صورت زیر انجام می‌شود.

"ISO M (29; ≥ 5 µm); LSAPC"

مثال ۲:

بیان تراکم ذرات هوابرد ۲۵۰۰ ذره در متر مکعب در گستره اندازه ذرات µm ۱۰ □ بر پایه استفاده از ذره‌شمار زمان‌پرواز برای تعیین قطر آئرودینامیکی ذرات به صورت زیر انجام می‌شود.

"ISO M (2 500; ≥ 10 µm)

مثال ۳:

بیان تراکم ۱۰۰۰ ذره هوابرد معادل در متر مکعب در گستره اندازه ذرات µm ۱۰ تا µm ۲۰ بر اساس استفاده از نمونه‌گیر آبشاری که به دنبال اندازه‌گیری میکروسکوپیک و شمارش می‌باشد، به شرح زیر انجام می‌گردد.

"ISO M (1 000; 10 to 20 µm)

با نمونه‌گیر آبشاری همراه با تعیین اندازه شمارش و میکروسکوپی

یادآوری ۱- اگر جمعیت ذرات هوابرد نمونه‌برداری شده حاوی فیبر باشد، آنها به وسیله مکمل توصیف‌گر M با یک توصیف‌گر جداگانه برای فیبرها توضیح داده شوند که به صورت ساختار زیر نشان داده می‌شود.

"$\mathrm{M_{fibre}}$ $(a; b)$; c".

یادآوری ۲ – روش‌های مناسب آزمون برای تراکم ذرات هوابرد با قطر بزرگتر از µm ۵ در مدرک IEST-G-CC1003 [2] ارائه شده است.

پ-۳ شمارش ذرات هوابرد برای ذرات بزرگ

پ-۳-۱ اصول

در این روش آزمون، اندازه‌گیری ذرات هوابرد با آستانه اندازهٔ بزرگتر از ۵ µm (ذره بزرگ) توضیح داده شده است. روش ارائه‌شده در بند پ-۳ از مدرک IEST-G-CC1003:1999 [2] گرفته شده است. اندازه‌گیری‌ها را می‌توان در اتاق تمیز یا ناحیهٔ تمیز، در هر سه وضعیت مجموعه ساخته‌شده، آماده‌به‌کار و در حال کار به، انجام می‌شود.

اندازه‌گیری‌ها جهت تعیین تراکم ذرات بزرگ انجام می‌شوند و ممکن است اصول مذکور در زیر بندهای ۵-۱ ، ۵-۲ و ۵-۴ نیز مورد استفاده قرار گیرد.

در هنگام نمونه‌برداری، دقت لازم برای به دست آوردن نمونه مناسب و به حداقل رساندن اتلاف ذرات بزرگ در دستکاری و جابه‌جایی نمونه باید به‌عمل آید.

پ-۳-۲ کلیات

تعداد نقاط نمونه‌برداری، انتخاب نقطهٔ نمونه‌برداری و کمیت داده‌های مورد نیاز باید مطابق بند الف-۴ باشد. مشتری و تأمین‌کننده باید بر روی بیشینه تراکم مجاز ذرات بزرگ، قطر معادل ذرات و روش اندازه‌گیری مشخص‌شده، به توافق برسند. سایر روش‌های مناسب با درستی مشابه که داده‌های یکسانی تولید کنند، ممکن است در صورت توافق مشتری و مورد توافق قرار گیرند. اگر هیچ روش دیگری مورد توافق قرار نگیرد، یا در صورت بروز اختلاف، روش مرجع ذکر شده در پیوست پ باید استفاده شود.

پ-۳-۳ ملاحظات مربوط به جابه‌جایی نمونه

جمع‌آوری و جابه‌جایی با دقت نمونه هنگام کار با ذرات بزرگ لازم است. بحث کاملی از الزامات برای سیستم‌هایی که می‌تواند برای نمونه‌برداری ایزوکینتیک[1] یا غیرایزوکینتیک[2] و انتقال ذرات در زمان اندازه‌گیری به‌کار رود، در مدرک IEST-G-CC1003:1999 ذکر شده است.

پ-۳-۴ روش‌های اندازه‌گیری برای ذرات بزرگ

به طور کلی دو روش برای اندازه‌گیری ذرات بزرگ وجود دارد. در صورت اعمال روش‌های مختلف اندازه‌گیری ممکن است نتایج مشابه به دست نیایند. به همین علت همبستگی بین روش‌های مختلف ممکن است میسر نباشد. داده‌های پیرامون روش‌ها و اندازه‌های ذرات که با روش‌های مختلف تولید شده‌اند، در زیربندهای پ-۳-۴-۱ و پ-۳ -۴-۲ ذکر شده است.

1 - Isokinetic
2 - Anisokinetic

پ-۳-۴-۱ اندازه‌گیری در جا[1]

الف- در اندازه‌گیری LSAPC (زیربند پ-۴-۱-۲) ذرات بزرگ با استفاده از اندازهٔ ذرات بر اساس قطر معادل نوری گزارش می‌شوند.

ب- در روش اندازه‌گیری اندازه ذرات با زمان پرواز (زیربند پ-۴-۱-۳) ذرات بزرگ با استفاده از اندازهٔ ذرات بر اساس قطر آئرودینامیکی اندازه ذرات گزارش می‌شوند.

پ-۳-۴-۲ جمع‌آوری

جمع‌آوری با استفاده از فیلتراسیون یا اثرات لختایی[2] دنبال‌شده با اندازه‌گیری میکروسکوپی تعداد و اندازه ذرات جمع‌آوری‌شده، انجام می‌شود.

الف- جمع‌آوری فیلتر و اندازه‌گیری میکروسکوپی (زیربند پ-۴-۲-۳) با استفاده از قطر مورد توافق، ذرات بزرگ را گزارش می‌دهد.

ب- جمع‌آوری نمونه‌گیر آبشاری و اندازه‌گیری میکروسکوپی (زیربند پ-۴-۲-۳) با استفاده از اندازه ذرات و بر اساس انتخاب قطر ذرات گزارش‌شده تعداد ذرات بزرگ را گزارش می‌کند.

پ-۴ روش‌هایی برای اندازه‌گیری ذرات بزرگ

پ-۴-۱ اندازه‌گیری ذرات بزرگ بدون جمع‌آوری ذرات

پ-۴-۱-۱ کلیات

ذرات بزرگ را می‌توان بدون جمع‌آوری ذرات از هوا، اندازه‌گیری کرد. فرآیند آن شامل اندازه‌گیری نوری ذرات معلق درهواست. نمونه هوا در دبی مشخص از داخل LSAPC عبور می‌کند که این عامل یا قطر معادل نوری یا قطر آئرودینامیکی ذره را گزارش می‌دهد.

پ-۴-۱-۲ اندازه‌گیری LSAPC

روش اندازه‌گیری ذرات بزرگ به وسیله LSAPC با موارد موجود در پیوست الف برای شمارش ذرات هوابرد با لحاظ یک استثناء، مشابه است. این استثناء در موردی هست که LSAPC جهت شناسایی ذرات با قطر کمتر از ۱µm حساسیت نیاز ندارد، زیرا داده‌ها فقط برای شمارش ذرات بزرگ مورد نیاز است. به منظور حصول اطمینان از این که نمونه‌های LSAPC مستقیماً از هوا در نقطه نمونه‌گیری گرفته شده‌باشند، باید دقت لازم مبذول شود. LSAPC بهتر است دبی نمونه ۲۸٫۳ لیتر در دقیقه داشته باشد و مجهز به پروب ورودی برای

1 - In situ
2 - Inertial

نمونه‌برداری ایزوکنیتیک در مناطق با جریان یک‌سویه باشد. در مناطقی که جریان هوای غیریک‌سویه وجود داردLSAPC باید در جهت ورودی نمونه به صورت عمودی رو به بالا قرار گیرد.

بهتر است پروب نمونه‌برداری به گونه‌ای انتخاب شود که اجازهٔ نمونه‌برداری ایزوکینتیک را در مناطقی با جریان غیریک‌سویه بدهد. درغیر این‌صورت، ورودی پروب نمونه‌برداری را رو به جهت غالب هوا قرار دهید؛ در نقاطی که نمونه‌برداری جریان هوا کنترل شده یا قابل پیش‌بینی نیست (برای مثال جریان هوای غیریک‌سویه)، ورودی پروب نمونه‌برداری باید به طور عمودی رو به بالا باشد. لولهٔ حمل از ورودی پروب نمونه‌برداری تا حسگر LSAPC تا جایی‌که ممکن است باید کوتاه باشد. در نمونه‌برداری از ذرات با قطر µm ۱٫۰ ≥ ، طول لولهٔ حمل بهتر است از قطر و طول پیشنهادی سازنده بیشتر نباشد که معمولاً بیشتر از m ۱ نخواهد بود.

در سامانه‌های نمونه‌برداری، خطاهای نمونه‌برداری ناشی از اتلاف ذرات بزرگ، باید به کمترین میزان برسد.

گستره اندازه LSAPC به گونه‌ای تنظیم شده است که فقط ذرات بزرگ شناسایی می‌شوند. داده‌های اندازه‌های پایین از µm ۵ بهتر است ثبت شوند تا اطمینان حاصل شود که تراکم ذرات شناسایی شده زیر اندازهٔ بزرگ ذره آن‌قدر نیست که موجب خطای تصادفی در اندازه‌گیری LSAPC شود. درصورت افزوده شدن به تراکم ذرات بزرگ، تراکم ذرات در گستره اندازهٔ پایین‌تر باید از٪۵۰ بیشینهٔ تراکم پیشنهادی ذرات برای LSAPC مورد استفاده تجاوز نکنند.

پ-۴-۱-۳ اندازه‌گیری اندازهٔ ذرات برپایهٔ زمان‌پرواز

ابعاد ذرات بزرگ را می‌توان با دستگاه زمان‌پرواز تعیین کرد. نمونه هوایی به درون دستگاه کشیده شده و با انبساط درسراسر نازل به درون خلأ جزئی، جایی که نقطه اندازه‌گیری واقع شده است، شتاب می‌گیرد. هر ذره در این نمونهٔ هوا برای هماهنگی با سرعت هوا در منطقهٔ اندازه‌گیری شتاب خواهد گرفت. سرعت شتاب ذرات با جرم ذره نسبت عکس دارد. از رابطهٔ بین سرعت هوا و سرعت ذرات در نقطهٔ اندازه‌گیری می‌توان برای تعیین قطر آئرودینامیکی ذرات استفاده کرد. سرعت هوا با معلوم بودن اختلاف فشار بین هوای پیرامون و منطقهٔ اندازه‌گیری، مستقیماً محاسبه می‌شود. با زمان پرواز بین دو پرتو لیزر سرعت ذرات سنجیده می‌شود. دستگاه زمان پرواز باید اقطار آئرودینامیکی ذرات بزرگتر از µm ۲۰ را اندازه‌گیری کند. روش‌های جمع‌آوری نمونه مشابه روش‌های مورد نیاز به هنگام استفاده از دستگاه LSAPC برای اندازه‌گیری ذرات بزرگ است. افزون بر این، برای گزارش گستره‌های اندازه ذرات، روش‌های مشابه LSAPC با این دستگاه به‌کارمی‌روند.

پ-۴-۲ اندازه‌گیری ذرات بزرگ با جمع‌آوری ذرات

پ-۴-۲-۱ کلیات

ذرات بزرگ را می‌توان با جمع‌آوری ذرات از هوا اندازه‌گیری کرد. یک نمونه هوا با دبی مشخصی از میان دستگاه جمع‌آوری عبورمی‌کند. آنالیز میکروسکوپی برای شمارش ذرات جمع‌آوری شده به‌کار می‌رود.

یادآوری- جرم ذرات جمع‌آوری‌شده را نیز می‌توان تعیین کرد، ولی ازآن‌جایی که تمیزی هوا بر اساس تراکم مشخص می‌شود، به این مورد در این استاندارد اشاره‌ای نشده است.

پ-۴-۲-۲ جمع‌آوری فیلتر و اندازه‌گیری میکروسکوپی

فیلتر غشایی با اندازهٔ منفذ µm ۲ یا کمتر و یک نگهدارنده یا یک مانیتور آئروسل پیش‌ساخته را انتخاب کنید. نگهدارندهٔ فیلتر را برای مشخص ساختن موقعیت و راه‌اندازی آن برچسب بزنید. خروجی دستگاه را به منبع خلأ که هوا را با دبی مورد نیاز به درون می‌کشد وصل کنید. درصورت غیریک‌سویه‌بودن جریان محل نمونه‌برداری ذرات بزرگ بهتر است دبی برای نمونه‌برداری ایزوکینتیک به درون نگهدارندهٔ فیلتر یا ورودی مانیتورآئروسل مناسب باشد و ورودی بهتر است به سمت جریان غیریک‌سویه باشد.

حجم نمونهٔ مورد نیاز را از فرمول پ-۱ به‌دست آورید.

سرپوش نگهدارندهٔ فیلترغشایی یا مانیتور آئروسل را برداشته و دریک محل تمیز نگهداری کنید. درنقاط نمونه‌گیری براساس توافق بین مشتری و تأمین‌کننده از هوا نمونه بگیرید. اگر از یک پمپ خلاء قابل حمل برای کشیدن هوا درون فیلتر غشایی استفاده می‌کنید، خروجی پمپ باید در خارج از مجموعهٔ تمیز تخلیه شده یا بوسیلهٔ یک فیلتر مناسب خارج شود. پس از تکمیل جمع‌آوری نمونه، سرپوش نگهدارندهٔ فیلتر غشایی یا مانیتور آئروسل را سرجای خود بگذارید. ظرف نمونه باید به گونه‌ای حمل شود که غشای فیلتر در تمام مدت درحالت افقی مانده و بین زمان نمونه‌برداری و آنالیز در معرض لرزش یا ضربه نباشد. ذرات را روی سطح فیلتر شمارش کنید (به استاندارد ASTM F312-08 مراجعه کنید).

پ-۴-۲-۳ مجموعهٔ نمونه‌گیر آبشاری واندازه‌گیری

جداسازی ذرات در نمونه‌گیر آبشاری با برخورد لختایی آنها صورت می‌پذیرد. جریان هوای نمونه‌گیری‌شده از میان ردیفی از جت‌ها با ترتیب کاهشی اندازهٔ روزنه عبور می‌کند. ذرات بزرگتر مستقیماً در زیر بزرگترین روزنه‌ها و ذرات کوچک‌تر در هر صفحهٔ پیاپی نمونه‌گیر ته‌نشین می‌شوند. قطر آئرودینامیک مستقیماً با مجموعهٔ منطقه‌ای ذرات در مسیرجریان نمونه‌گیر ارتباط دارد.

برای اندازه‌گیری تمیزی هوا بر اساس تراکم ذرات نوعی از نمونه‌گیر آبشاری برای جمع‌آوری و شمارش ذرات بزرگ به‌کار می‌رود. دراین نوع، ذرات بر روی سطوح صفحات متحرک ته‌نشین می‌شوند که برای بررسی

بعدی میکروسکوپی برداشته می‌شوند. معمولا دراین نوع نمونه‌گیرآبشاری دبی نمونه‌برداری ۰٫۴۷ لیتر در ثانیه است.

پ-۵ روش شمارش ذرات بزرگ

تراکم توصیف‌گر "ISO M (a; b); c" را براساس توافق مشتری و تأمین‌کننده در گستره(های) انتخابی اندازهٔ ذره تعیین و داده‌ها را گزارش کنید.

در هر نقطهٔ نمونه‌برداری، حجمی از هوا را که برای شناسایی کمینه 20 ذره کافی باشد، برای اندازهٔ انتخابی ذره در حدود تراکم تعیین‌شدهٔ نمونه‌برداری کنید.

حجم نمونه واحد، V_s، در هر نقطه نمونه‌برداری را از فرمول پ-۱ بدست آورید:

$$V_s = \left(\frac{20}{C_{n,m}}\right) \times 1000$$

(پ-۱)

که در آن:

V_s کمینهٔ حجم نمونهٔ واحد در هر نقطه برحسب l (برای موارد استثناء، به‌زیر بند ت-۴-۲پیوست ت مراجعه کنید)؛

$C_{n,m}$ حد طبقه (تعداد ذرات در هر متر مکعب) برای بزرگترین اندازهٔ ذرهٔ مورد نظر مشخص‌شده برای دستهٔ مربوط؛

20 تعداد ذرات قابل شمارش اگر تراکم آنها درحد طبقه باشد.

اگر اطلاعات در مورد پایداری تراکم ذرات بزرگ مورد نیاز باشد، سه یا بیشتر از سه مورد اندازه‌گیری در نقاط انتخابی در فواصل زمانی مورد توافق مشتری و تأمین‌کننده انجام دهید.

پروب ورودی نمونهٔ دستگاه مورد نظر را تنظیم کرده و آزمون را انجام دهید.

پ-۶ گزارش های آزمون نمونه‌برداری ذرات بزرگ

گزارش آزمون باید شامل اطلاعات و داده‌های مرتبط با آزمون به شرح زیر باشد:

الف- تعیین اندازه‌های ذرات که دستگاه به آن پاسخ می‌دهد؛

ب- روش اندازه‌گیری؛

پ- روش اندازه‌گیری سطح یا حد توصیف‌گر M به عنوان یک الحاقی به طبقهٔ ایزو؛

ت- شناسه‌گذاری نوع هر ابزار و دستگاه اندازه‌گیری به‌کاررفته و وضعیت کالیبراسیون آن؛

ث- طبقه ایزو مجموعهٔ تمیز؛

ج- گستره(های) اندازهٔ ذرات بزرگ و شمارش آنها برای هر گسترهٔ اندازهٔ گزارش‌شده؛

چ- دبی نمونه ورودی دستگاه و دبی عبوری از محفظهٔ حس‌گری[1]؛

ح- نقطه(های) نمونه‌برداری؛

خ- طرح برنامهٔ زمانی نمونه‌برداری برای طبقه‌بندی یا طرح پروتکل نمونه‌برداری برای آزمون؛

د- وضعیت(های) مجموعه تمیز؛

ذ- سایرداده‌های مربوط به اندازه‌گیری مانند پایداری تراکم ذرات بزرگ.

پ-۷ تطبیق توصیف‌گر ذرات بزرگ برای هماهنگی بررسی ذرات با اندازهٔ ذرهٔ ≤ ۵ µm برای اتاق‌های تمیز طبقهٔ ۵ ایزو

برای بیان تراکم ۲۹ ذره در متر مکعب در گستره اندازهٔ ذرات≤ ۵ µm و استفاده از LSAPC، شناسه‌گذاری به شرح زیر خواهد بود:

"ISO M (29; ≥ 5 µm); LSAPC" و برای ۲۰ particles/m^3 توصیف "ISO M (20; ≥ 5 µm); LSAPC" خواهد بود (به جدول ۱ یادآوری ج مراجعه شود).

1 - Sensing Volume

پیوست ت

(آگاهی‌دهنده)

روش نمونه‌برداری پیوسته (متوالی)

ت-۱ زمینه و حدود

ت-۱-۱ زمینه

دربرخی شرایط که نیاز یا الزام به طبقه‌بندی محیط کنترل‌شدهٔ تمیز با تراکم بسیار پایین ذرات در حد طبقه وجود دارد، نمونه‌برداری پیوسته روش سودمندی است که اجازهٔ کاهش حجم نمونه و زمان نمونه‌برداری را می‌دهد. در این روش سرعت شمارش اندازه‌گیری شده و احتمال پذیرش یا رد برآورده‌شدن الزامات طبقه ایزو پیش‌بینی می‌شود. اگر آلودگی هوای مورد نظر جهت نمونه‌گیری به گونهٔ چشمگیر بیشتر یا کمتراز حدود تراکم طبقه مشخص‌شده برای اندازهٔ ذرهٔ مورد بررسی باشد، استفاده از روش نمونه‌برداری پیوسته اغلب می‌تواند حجم آزمونه و زمان نمونه‌برداری را به طور قابل توجهی کاهش دهد.

برخی صرفه‌جویی‌ها ممکن است زمانی که تراکم نزدیک به حد مشخص شده باشد، محقق شوند. نمونه‌برداری پیوسته بیشتر مناسب تمیزی هوای طبقه ۴ ایزو یا تمیزتر از آن است. همچنین زمانی که حد برای اندازهٔ ذرهٔ انتخاب‌شده، کم باشد، ممکن است برای طبقه‌های دیگر به‌کار رود. دراین صورت، حجم نمونه مورد نیاز ممکن است برای تشخیص 20 شمارش مورد نظر، بسیار بالا باشد.

یادآوری- برای آگاهی از اطلاعات بیشتر دربارهٔ نمونه‌برداری پیوسته به مدرک IEST-G-CC1004 یا استاندارد JIS B9920:2002 مراجعه کنید.

ت-۱-۲ حدود

حدود اصلی نمونه‌برداری پیوسته عبارتند از:

الف- این روش تنها زمانی به‌کارمی‌آید که شمارش مورد انتظار از یک نمونهٔ واحد برای بزرگترین اندازهٔ ذره کمتر از 20 باشد (به زیر بند الف-۴-۴مراجعه شود)،

ب- هر اندازه‌گیری نمونه نیاز به پایش تکمیلی و تحلیل داده‌ها دارد، که با اتوماسیون کامپیوتری می‌تواند تسهیل شود،

پ- تعیین تراکم ذرات به دلیل کاهش حجم نمونه با دقت مربوط به روش‌های نمونه‌برداری، معمول انجام نمی‌شود.

ت-۲ مبنای روش

اساس این روش مقایسه شمارش‌های تجمعی ذرات در زمان واقعی نسبت به مقادیر شمارش مرجع می‌باشد. مقادیر مرجع از فرمول‌های مربوط به مرزهای حدود بالا و پایین محاسبه می‌شوند.

حد بالا: $C_{fail} = 3.96 + 1.03\ E$ (ت-۱)

حد پایین: $C_{pass} = -3.96 + 1.03\ E$ (ت-۲)

C_{fail} حد بالا برای تعداد مشاهده‌شده؛

C_{pass} حد پایین برای تعداد مشاهده‌شده؛

E تعداد مورد انتظار (نشان‌داده‌شده توسط فرمول ت-۵، حد طبقه).

حجم نمونه واحد، V_s، مطابق فرمول (الف-۲) به شرح زیر محاسبه می‌شود:

(ت-۳)

$$V_s = \left(\frac{20}{C_{n,m}}\right) \times 1000$$

که در آن:

V_s کمینهٔ حجم نمونه واحد به ازای هر نقطه برحسب لیتر؛

$C_{n,m}$ حد طبقه (تعداد ذرات در متر مکعب) برای اندازهٔ ذرهٔ مورد نظر مشخص‌شده برای طبقهٔ مربوط؛

20 تعداد ذرات قابل شمارش اگر تراکم آنها درحد طبقه باشد.

محاسبهٔ زمان کلی نمونه‌برداری ،t_t، به شرح زیر است:

(ت-۴)

$$t_t = \frac{V_s}{Q}$$

که در آن:

V_s حجم تجمعی نمونه برحسب l؛

Q دبی نمونه‌برداری شمارشگر ذرات برحسب (لیتر در ثانیه).

تعداد مورد نظر به شرح زیر است:

(ت-۵)

$$E = \frac{Q \times t \times C_{n,m}}{1000}$$

که در آن:

t زمان نمونه‌برداری برحسب ثانیه؛

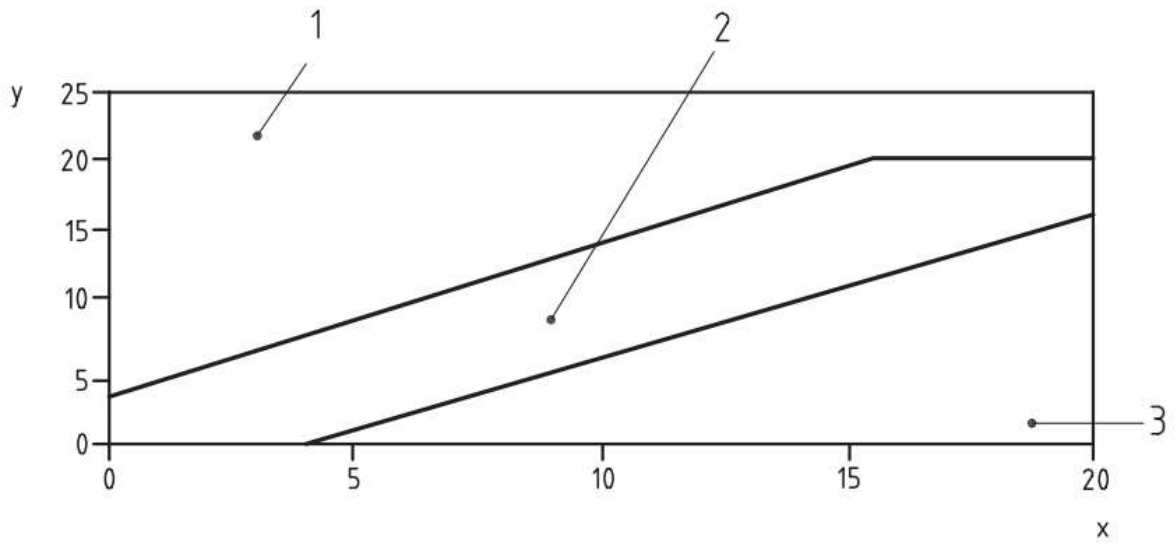
شکل (ت-۱) تصویر گرافیکی مربوط به روش نمونه‌برداری پیوسته را نشان می‌دهد. همزمان با نمونه‌گیری هوا در هر نقطهٔ تعریف‌شدهٔ نمونه‌برداری، شمارش کل درحال اجرا به طور مداوم با تعداد مورد انتظار برای نسبت حجم کلی مقررشده که نمونه‌گیری شده است، مقایسه می‌شود. اگر شمارش کلی درحال اجرا از حد پایین C_{pass} مربوط به تعداد مورد انتظار کمتر باشد، هوایی که نمونه‌برداری می‌شود با طبقه یا حد تراکم مشخص‌شده، همخوانی داشته و نمونه‌گیری متوقف می‌شود.

اگر شمارش درحال اجرا بیش از حد بالای C_{fail} مربوط به تعداد مورد انتظار باشد، هوایی که نمونه‌برداری می‌شود با طبقه یا حد تراکم مشخص‌شده، همخوانی نداشته و نمونه‌گیری متوقف می‌شود. تا زمانی که شمارش درحال اجرا بین حد بالا و پایین باقی بماند، نمونه‌گیری تا رسیدن تعداد مشاهده شده به 20 یا برابری حجم تجمعی نمونه، V، با کمینهٔ حجم نمونه واحد، V_s، یعنی جایی که تعداد مورد انتظار به 20 می‌رسد، ادامه می‌یابد.

درشکل (ت-۱) تعداد شمارش‌های مشاهده‌شده، C، دربرابر شمارش مورد انتظار، E، رسم شده است تا زمانی که نمونه‌گیری متوقف شود یا تعداد به 20 برسد.

ت-۳ فرآیند نمونه‌برداری

شکل ت-۱ مرزهای تعیین‌شده در فرمول‌های (ت-۱) و (ت-۲) با حدود $E = 20$، مدت زمان لازم برای جمع‌آوری یک نمونه کامل و $C = 20$، بیشینهٔ شمارش مجاز مشاهده‌شده را نشان می‌دهد.



راهنما:

x تعداد مورد انتظار، E

y تعداد مشاهده شده،C

1 توقف شمارش ، مردود $(C \geq 3.96 + 1.03E)$

2 ادامهٔ شمارش

3 توقف شمارش، قابل قبول $(C \leq -3.96 + 1.03E)$

شکل ت-۱- مرزهای قابل قبول یا مردود در روش نمونه‌برداری پیوسته

تعداد مشاهده‌شده در برابر تعداد مورد انتظار برای هوایی که تراکم ذرات در آن دقیقاً در سطح طبقه مشخص شده است، رسم می‌شود. گذشت زمان به تعداد افزایش یابندهٔ شمار مورد انتظار بستگی دارد، با E=20که بیانگر زمان لازم برای جمع‌آوری حجم نمونه کامل است، اگر تراکم ذرات در حد طبقه باشد.

روش نمونه‌برداری پیوسته با استفاده از شکل (ت-۱) به شرح زیر است:

۱- تعداد کل ذرات شمارش شده را به عنوان تابعی از زمان ثبت کنید؛

۲- تعداد مورد انتظار را با دنبال کردن روش توصیف‌شده در بند (ت-۲) و فرمول (ت-۵) محاسبه کنید؛

۳- تعداد کل را در برابر تعداد مورد انتظار مانند شکل (ت-۱) رسم کنید؛

۴- تعداد را با خطوط حد بالا و پایین شکل (ت-۱) مقایسه کنید؛

۵- اگر تعداد مشاهده شدهٔ تجمعی ازخط حد بالا عبورکند، نمونه‌برداری در محل متوقف شده و عدم انطباق هوا با حد طبقه معین‌شده گزارش می‌شود؛

۶- اگر تعداد مشاهده‌شدهٔ تجمعی از خط حد پایین عبورکند، نمونه‌برداری متوقف شده و انطباق هوا با حد طبقهٔ معین شده گزارش می‌شود؛

۷- اگر تعداد مشاهده‌شدهٔ تجمعی بین خطوط حد بالا و حد پایین باقی بماند، نمونه‌برداری ادامه می‌یابد.

اگر تعداد کل در پایان دورهٔ تعریف‌شدهٔ نمونه‌برداری مقررشده 20 یا کمترشده و از خط حد بالا عبور نکرده است، هوا در انطباق با حد طبقه است.

ت-۴ مثال‌هایی از نمونه‌برداری پیوسته

ت-۴-۱ مثال ۱

الف- ارزیابی یک اتاق تمیز با پاکیزگی هوای طبقه ۳ ایزو(۰٫۱ µm، ۱۰۰۰ particles/m^3) با روش نمونه‌برداری پیوسته. این روش سرعت شمارش را بررسی می‌کند و به دنبال پیش‌بینی احتمال قبول یا رد بودن است.

یادآوری- دبی نمونه‌برداری ذره‌شمار ۰٫۰۲۸۳ m^3/s (۲۸٫۳l/min یا ۰٫۴۷ l/s) است.

ب- آماده‌سازی پیش از اندازه‌گیری- روشی برای محاسبهٔ مقادیر حد.

در جدول ت-۱ نتیجهٔ محاسبه نشان داده شده است. ابتدا تعداد مورد انتظار برپایهٔ زمان نمونه‌برداری؛ سپس تعداد مرجع حد بالا و تعداد مرجع حد پایین با استفاده از فرمول‌های ت-۱ و ت-۲ یا شکل ت-۱ محاسبه می‌شوند.

جدول ت-۱ جدول‌بندی محاسبهٔ تعداد مرجع حد بالا و حد پایین

بازهٔ زمانی اندازه‌گیری	مدت زمان نمونه‌برداری (s)	حجم کلی هوای نمونه‌برداری‌شده	تعداد مورد انتظار	حد بالای تعداد مشاهده‌شده	حد پایین تعداد مشاهده‌شده
	T	L	مطابق با فرمول ت-۵	$C_{fail} = 3,96 + 1,03\ E$	$C_{pass} = -3,96 + 1,03\ E$
اولین	۵	۲٫۴	۲٫۴	۷ (۶٫۴)	N .A. (-۱٫۵)
دومین	۱۰	۴٫۷	۴٫۷	۹ (۸٫۸)	۰ (۰٫۹)

بازهٔ زمانی اندازه‌گیری	مدت زمان نمونه‌برداری (s)	حجم کلی هوای نمونه‌برداری‌شده	تعداد مورد انتظار	حد بالای تعداد مشاهده‌شده	حد پایین تعداد مشاهده‌شده
	T	L	مطابق با فرمول ت-۵	$C_{fail} = 3,96 + 1,03\ E$	$C_{pass} = -3,96 + 1,03\ E$
سومین	۱۵	۷٫۱	۷٫۱	۱۲ (۱۱٫۲)	۳ (۳٫۳)
چهارمین	۲۰	۹٫۴	۹٫۴	۱۴ (۱۳٫۷)	۵ (۵٫۸)
پنجمین	۲۵	۱۱٫۸	۱۱٫۸	۱۷ (۱۶٫۱)	۸ (۸٫۲)
ششمین	۳۰	۱۴٫۲	۱۴٫۱	۱۹ (۱۸٫۵)	۱۰ (۱۰٫۶)
هفتمین	۳۵	۱۶٫۵	۱۶٫۵	۲۰ (۲۱٫۰)	۱۳ (۱۳٫۰)
هشتمین	۴۰	۱۸٫۹	۱۸٫۹	۲۰ (۲۳٫۴)	۱۵ (۱۵٫۵)
نهمین	۴۵	۲۱٫۲	۲۱٫۲	۲۱	۲۰
یادآوری- مقدار عددی در کمانک‌ها نشانگر نتیجهٔ محاسبهٔ حدود بالا و پایین برای تعداد مشاهده‌شده تا یک‌دهم اعشار است. از آنجایی که داده‌های واقعی اعداد صحیح می‌باشند، هر مقدار محاسبه‌شده در مدت زمان ارزشیابی به صورت عدد صحیح نشان داده شده است.					
حد بالای تعداد مشاهده‌شده تا اولین رقم اعشار مقدار محاسبه‌شده گرد می‌شود.					
حد پایین تعداد مشاهده‌شده تا اولین رقم اعشار مقدار محاسبه‌شده گرد می‌شود.					
هنگامی که C_{pass} محاسبه‌شده با توجه به فرمول ت-۲ منفی است، با علامت 'N.A.' (کاربردی نیست) مشخص می‌شود. دراین مورد، نمی‌توان نتیجه‌گیری کرد که تمیزی هوا با گروه ایزو همخوانی دارد حتی اگر تعداد مشاهده‌شده صفر باشد.					

پ- ارزشیابی با استفاده از روش نمونه‌برداری پیوسته

تعداد مورد انتظار در اولین اندازه‌گیری ۲٫۴ است؛ اگرتعداد مشاهده شده بزرگتر از یا برابر با ۷ باشد "FAIL" (رد) شناخته می‌شود. با این‌حال، زمانی که تعداد مشاهده‌شده در طول دورهٔ نمونه‌برداری بین ۰ و ۶ باشد، نمی‌توان در مورد نتیجه داوری کرد. دراین حالت نمونه‌برداری ادامه می‌یابد. هنگامی که نمونه‌برداری ادامه می‌یابد، تعداد تجمعی مشاهده‌شده، ممکن است افزایش یابد. نمونه‌گیری تا زمان دست یافتن به حجم نمونهٔ

واحدمقررشده یا عبور تعداد مشاهده‌شده به ترتیب از خطوط C_{pass} یا C_{fail}، ادامه می‌یابد. اگر تعداد تجمعی مشاهده‌شدهٔ در پایان دورهٔ نمونه‌گیری مقرر شده 20 یا کمتر شده و از خط حد بالا عبور نکند، تمیزی هوا در گروه "PASS" (قبول) قرارمی‌گیرد. اگر تعداد تجمعی مشاهده‌شدهٔ پیش از دست یافتن به دورهٔ نمونه‌برداری کامل، کمتر از یا برابر با مقادیر گرد شدهٔ C_{pass} باشد نمونه‌برداری متوقف شده و گروه "PASS" (قبول) شناخته می‌شود.

ت-۴-۲ مثال ۲

الف- ارزشیابی اتاق تمیز با تمیزی هوای طبقه۳ ایزو (۰٫۵ µm ،۳۵ particles/m^3) با روش نمونه‌برداری پیوسته. دبی نمونه‌برداری شمارشگر ذرات (Q) ۰٫۴۷ l/s =۰٫۰۲۸۳ m^3/min می‌باشد.

حجم نمونهٔ واحد، V_s، را مطابق فرمول (ت-۳) محاسبه کنید:

ب- آماده‌سازی پیش از اندازه‌گیری روشی برای محاسبهٔ مقادیر گستره.

(ت-۶)

$$V_s = \left(\frac{20}{C_{n,m}}\right) \times 1000 = \frac{20}{35} \times 1000 = 571,429 \text{ litres}$$

مدت زمان کلی نمونه‌برداری، t_t، را از فرمول (ت-۴) محاسبه کنید. این مدت زمان، طولانی‌ترین زمان لازم برای ارزشیابی نقطهٔ نمونه‌برداری است. روش نمونه‌برداری پیوسته باید این مدت زمان کوتاه شود.

(ت-۷)

$$t_t = \frac{V_s}{Q} = 1211,5 \text{s} = 20,19 \text{ min}$$

محاسبه برای جدول‌بندی نتایج

۱- تعداد مورد انتظار،E ، را از فرمول (ت-۵) محاسبه کنید؛

(ت-۸)

$$E = \frac{Q \times t \times C_{n,m}}{1000}$$

۲- حد بالا و پایین برای تعداد مشاهده‌شده را از فرمول‌های (ت-۱) و (ت-۲) محاسبه کنید؛

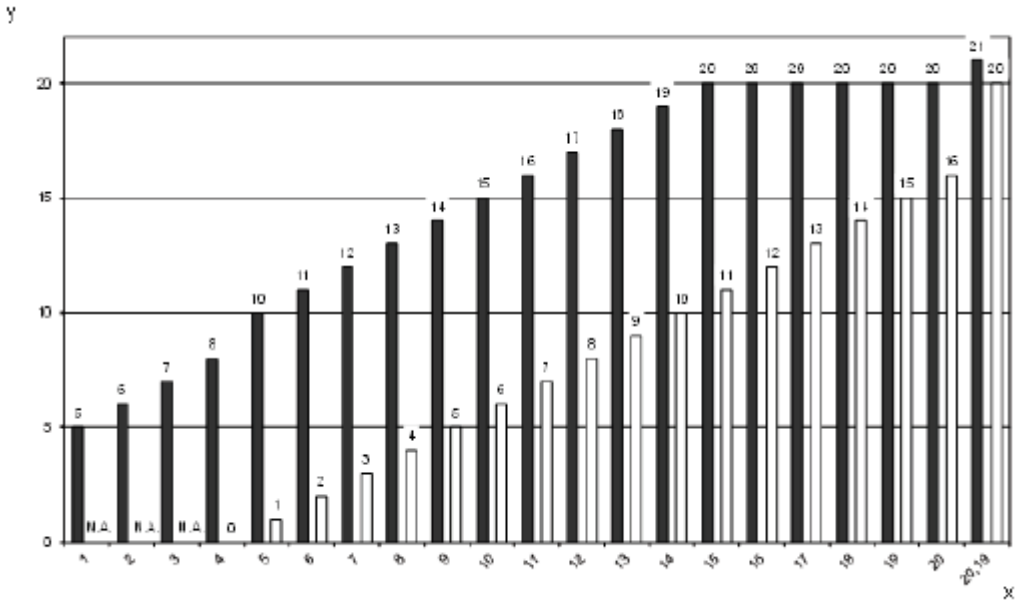
۳- نتیجهٔ محاسبات در جدول ت-۲ و شکل ت-۲ نشان داده شده است.

جدول ت-۲- نتیجهٔ محاسبهٔ حجم کلی هوای نمونه، تعداد مورد انتظار، حد بالا و حد پایین

زمان min	زمان S	حجم کل هوای نمونه‌برداری‌شده، $Q \times t$	تعداد E، مورد انتظار	حدود	
				حد بالا C_{fail}	حدپایین C_{pass}
۱	۶۰	۲۸٫۳	۱٫۰	۵(۵٫۰)	N.A.(-۲٫۹)
۲	۱۲۰	۵۶٫۶	۲٫۰	۷(۶٫۰)	N.A.(- ۱٫۹)
۳	۱۸۰	۸۴٫۹	۳٫۰	۸(۷٫۰)	N.A.(- ۰٫۹)
۴	۲۴۰	۱۱۳٫۲	۴٫۰	۹(۸٫۰)	۰(۰٫۱)
۵	۳۰۰	۱۴۱٫۵	۵٫۰	۱۰(۹٫۱)	۱(۱٫۱)
۶	۳۶۰	۱۶۹٫۸	۵٫۹	۱۱(۱۰٫۱)	۲(۲٫۲)
۷	۴۲۰	۱۹۸٫۱	۶٫۹	۱۲(۱۱٫۱)	۳(۳٫۲)
۸	۴۸۰	۲۲۶٫۴	۷٫۹	۱۳(۱۲٫۱)	۴(۴٫۲)
۹	۵۴۰	۲۵۴٫۷	۸٫۹	۱۴(۱۳٫۱)	۵(۵٫۲)
۱۰	۶۰۰	۲۸۳	۹٫۹	۱۵(۱۴٫۲)	۶(۶٫۲)
۱۱	۶۶۰	۳۱۱٫۳	۱۰٫۹	۱۶(۱۵٫۲)	۷(۷٫۳)
۱۲	۷۲۰	۳۳۹٫۶	۱۱٫۹	۱۷(۱۶٫۲)	۸(۸٫۳)
۱۳	۷۸۰	۳۶۷٫۹	۱۲٫۹	۱۸(۱۷٫۲)	۹(۹٫۳)
۱۴	۸۴۰	۳۹۶٫۲	۱۳٫۹	۱۹(۱۸٫۲)	۱۰(۱۰٫۳)
۱۵	۹۰۰	۴۲۴٫۵	۱۴٫۹	۲۰(۱۹٫۳)	۱۱(۱۱٫۳)
۱۶	۹۶۰	۴۵۲٫۸	۱۵٫۸	۲۰(۲۰٫۳)	۱۲(۱۲٫۴)

زمان min	زمان S	حجم کل هوای نمونه‌برداری‌شده، $Q \times t$	تعداد E، مورد انتظار	حدود	
				حد بالا C_{fail}	حدپایین C_{pass}
۱۷	۱۰۲۰	۴۸۱٫۱	۱۶٫۸	۲۰(۲۱٫۳)	۱۳(۱۳٫۴)
۱۸	۱۰۸۰	۵۰۹٫۴	۱۷٫۸	۲۰(۲۲٫۳)	۱۴(۱۴٫۴)
۱۹	۱۱۴۰	۵۳۷٫۷	۱۸٫۸	۲۰(۲۳٫۳)	۱۵(۱۵٫۴)
۲۰	۱۲۰۰	۵۶۶	۱۹٫۸	۲۰(۲۴٫۴)	۱۶(۱۶٫۴)
۲۰/۱۹ $=t_t$	۱۲۱۱/۵	۵۷۱٫۴۲۹ $=$ V_s	۲۰	۲۱	۲۰

درشکل ت-۲ حدود بالا وپایین برای تعداد مشاهده‌شده در برابر مدت‌زمان شمارش، رسم شده است. هر نوار عمودی حدود (بالا و پایین) را در فواصل زمانی min ۱ نشان می‌دهد.



راهنما:

x مدت زمان شمارش برحسب min

y حدود شمارش (ذرات)

حد بالای تعداد مشاهده‌شده

حد پایین تعداد مشاهده‌شده

شکل ت-۲- نمایش گرافیکی مرزهای قبول یا رد برای نمونه‌برداری پیوسته

تعداد تجمعی مشاهده‌شده را با حدود بالا و پایین مقایسه کرده و روش توصیف‌شده در بند ت-۳ را به‌کار برید.

الف- وضعیت مردود، به جدول ت-۳ مراجعه کنید.

جدول ت-۳- نمونه‌ای از شمارش ذرات در نمونه‌برداری پیوسته

زمان Min	زمان s	تعداد E، مورد انتظار	حدود تعداد مشاهده شدهٔ تجمعی		تعداد مشاهده در شده فواصل زمانی	تعداد مشاهده شدهٔ تجمعی C	نتیجه
			حد بالا C_{fail}	حد پایین C_{pass}			
۱	۶۰	۱٫۰	۵	N.A.	۲	۲	ادامه
۲	۱۲۰	۲٫۰	۷	N.A.	۳	۵	ادامه
۳	۱۸۰	۳٫۰	۸	N.A.	۱	۶	ادامه
۴	۲۴۰	۴٫۰	۹	۰	۰	۶	ادامه
۵	۳۰۰	۵٫۰	۱۰	۱	۵	۱۱	رد

تعداد مورد انتظار در نخستین اندازه‌گیری ۱٫۰ می‌باشد. اگر تعداد تجمعی مشاهده‌شده بزرگتر از یا برابر با ۵ باشد، رد محسوب می‌شود. در حالی‌که اگر بین ۰ و ۵ باشد قابل محاسبه نیست. در مثال حاضر نمونه‌برداری می‌تواند ادامه پیدا کند و دراین حالت تعداد مشاهده‌شده افزایش می‌یابد. با این‌حال، برآورد آن آسان می‌باشد، چون هردو تعداد مورد انتظار و تعداد مرجع افزایش می‌یابند. در اندازه‌گیری پنجم ($t = 300\ s$)، تعداد مشاهده‌شدهٔ انباشته ۱۱ می‌باشد و از حد بالا (10) فراتر می‌رود. پس رد است.

ب- وضعیت قابل قبول، به جدول ت-۴ مراجعه کنید.

جدول ت-۴- نمونه‌ای از شمارش ذرات در نمونه‌برداری پیوسته

زمان min	زمان s	تعداد E، مورد انتظار	حد تعداد مشاهده شدهٔ تجمعی		تعداد مشاهده شده در فواصل زمانی	تعداد مشاهده شدهٔ تجمعی C	نتیجه
			حد بالا C_{fail}	حد پایین C_{pass}			
۱	۶۰	۱٫۰	۵	N.A.	۰	۰	پیوسته
۲	۱۲۰	۲٫۰	۷	N.A.	۰	۰	پیوسته
۳	۱۸۰	۳٫۰	۸	N.A.	۰	۰	پیوسته
۴	۲۴۰	۴٫۰	۹	۰	۰	۰	قبول

تعداد مورد انتظار در نخستین اندازه‌گیری ۱٫۰ است. اگر تعداد تجمعی مشاهده شده بزرگتر از یا برابر با ۵ باشد، مردود محسوب می‌شود. درحالی‌که اگر بین ۰ و ۵ باشد قابل محاسبه نیست. درمثال حاضر نمونه‌برداری می‌تواند ادامه پیدا کند ولی تعداد مشاهده‌شده افزایش نمی‌یابد. دراندازه‌گیری چهارم ($t = 240\ s$)، تعداد تجمعی مشاهده‌شده صفر و برابر با حد پایین صفر می‌باشد. پس قابل قبول است.

پیوست ث

(آگاهی‌دهنده)

ویژگی طبقه تمیزی اعشاری میانی و آستانه‌های اندازهٔ ذرات

ث-۱ طبقه تمیزی اعشاری میانی

باید از جدول ث-۱ درصورت نیاز به طبقه‌های تمیزی اعشاری میانی استفاده شود. در این جدول طبقه‌های تمیزی اعشاری میانی هوا ارائه شده است. عدم قطعیت‌های مرتبط با اندازه‌گیری ذرات نمو[1] کمتر از ۰٫۵ را نامناسب ساخته و نکات زیر جدول محدودیت‌های ناشی از نمونه‌برداری و حدود جمع‌آوری ذرات را مشخص می‌سازند.

جدول ث-۱- طبقه‌های تمیزی اعشاری میانی هوا برحسب تراکم ذرات

	تراکم ذرات particles/m^3					
شمارهٔ طبقه ایزو، N	۰٫۱	۰٫۲	۰٫۳	۰٫۵	۱٫۰	۵٫۰
طبقه ایزو ۱٫۵	۳۲[b]	d	d	d	d	e
طبقه ایزو ۲٫۵	۳۱۶	۷۵[b]	۳۲[b]	d	d	e
طبقه ایزو ۳٫۵	۳۱۶۰	۷۴۸	۳۲۲	۱۱۱	d	e
طبقه ایزو ۴٫۵	۳۱۶۰۰	۷۴۸۰	۳۲۲۰	۱۱۱۰	۲۶۳	e
طبقه ایزو ۵٫۵	۳۱۶۰۰۰	۷۴۸۰۰	۳۲۲۰۰	۱۱۱۰۰	۲۶۳۰	e
طبقه ایزو ۶٫۵	۳۱۶۰۰۰۰	۷۴۸۰۰۰	۳۲۲۰۰۰	۱۱۱۰۰۰	۲۶۳۰۰	۹۲۵
طبقه ایزو ۷٫۵	c	c	c	۱۱۱۰۰۰۰	۲۶۳۰۰۰	۹۲۵۰
طبقه ایزو ۸٫۵	c	c	C	۱۱۱۰۰۰۰۰	۲۶۳۰۰۰۰	۹۲۵۰۰
[a] تمامی تراکم‌ها در جدول تجمعی می‌باشند. برای نمونه طبقه ۵.۵، ۱۱۱۰۰ ذره با اندازهٔ µm ۰٫۵ نشان می‌دهد که شامل تمامی ذرات برابر با یا بزرگتر از این اندازه است.						
[b] این تراکم‌ها به حجم بزرگتر هوای نمونه برای طبقه‌بندی منجر می شوند. به‌پیوست ت، روش نمونه‌برداری پیوسته مراجعه کنید.						

1 - Incrementes

	تراکم ذرات $particles/m^3$
[c] حدود تراکم در این منطقهٔ جدول به دلیل تراکم بسیار بالای ذرات قابل استفاده نیست.	
[d] نمونه برداری و حدود آماری برای ذرات در تراکم‌های پایین، طبقه‌بندی را نامناسب می‌کنند.	
[e] حدود جمع‌آوری نمونه هم برای ذرات در تراکم‌های کم و هم برای اندازه‌های بزرگتر از µm ۱، به دلیل تلفات بالقوه ذرات در سامانهٔ نمونه برداری نامناسب هستند.	
[f] این گروه فقط برای«وضعیت درحال کار» قابل استفاده است.	

ث-۲ اندازه‌های ذرات متوسط

اگر اندازه‌های ذرات متوسط برای هر طبقه با اعداد صحیح یا اعشاری مورد نیاز باشد، فرمول ث-۱ می‌تواند برای تعیین تراکم بیشینهٔ آنها در اندازهٔ مورد بررسی به‌کار رود :

$$C_n = 10^N \times \left(\frac{K}{D}\right)^{2,08}$$

ث-۱

که در آن:

C_n بیشینهٔ تراکم مجاز ($particles/m^3$) ذرات موجود درهوا می‌باشد که برابر با یا بزرگ‌تر از اندازهٔ ذرهٔ مورد نظر می‌باشد. C_n به نزدیکترین عدد صحیح تا سه رقم معنی‌دارگرد می‌شود؛

N شمارهٔ طبقه ایزو می‌باشد که نباید از۹ بیشتر و از ۱ کمتر باشد؛

D اندازهٔ ذرات برحسب µm که درجدول ۱ فهرست شده است؛

K مقدار ثابت ۰٫۱ برحسب µm.

پیوست ج

(آگاهی‌دهنده)

دستگاه‌های آزمون

ج-۱ مقدمه

دراین پیوست، دستگاه‌های اندازه‌گیری که باید در آزمون‌های ذکر شده در پیوست‌های الف، پ و ت به‌کار روند، توصیف شده است.

دراین پیوست، داده‌های جدول‌های ج-۱ و ج-۲، کمینه الزامات لازم برای هر مورد از دستگاه‌ها را مشخص می‌کنند. دستگاه‌های اندازه‌گیری بهتر است بر اساس توافق بین خریدار وتأمین‌کننده انتخاب شوند.

این پیوست آگاهی‌دهنده بوده و نباید از به‌کاربردن دستگاه‌های پیشرفته جلوگیری کند. دستگاه آزمون جایگزین ممکن است مناسب بوده و با توافق بین مشتری و تأمین‌کننده به‌کاربرده شود.

ج-۲ مشخصات دستگاه

دستگاه‌های زیر باید در آزمون‌های ذکر شده در پیوست های الف، پ و ت به‌کار روند:

الف- ذره‌شمار (گسسته) ذرات هوابرد مبتنی برپراکنش نور(LSAPC)؛

یادآوری- مشخصات LSAPC در استاندارد ISO 21501-4:2007، ذکر شده است.

ب- ذره‌شمار بزرگ ناپیوسته؛

پ- دستگاه اندازه‌بندی ذرات زمان پرواز؛

ت- اندازه‌گیری میکروسکوپی ذرات جمع‌آوری‌شده در کاغذ صافی (به استاندارد ASTM F312-8 مراجعه شود).

اصطلاحات و تعاریف مربوط به این ابزار در بند ۳ ذکر شده است.

جدول ج-۱ – مشخصات ذره‌شمار بزرگ ناپیوسته

مورد	مشخصه
حدود اندازه‌گیری	کمینهٔ اندازهٔ قابل تشخیص باید در گسترهٔ ۵ µm تا ۸ µm بوده و برای اندازهٔ ذرات مورد بررسی و ظرفیت دستگاه مناسب باشد. بیشینهٔ تراکم ذرات LSAPC باید برابر با یا بالاتر از بیشینهٔ تراکم مورد انتظار برای ذرات مورد بررسی باشد.
تفکیک‌پذیری	۲۰٪ برای کالیبراسیون ذرات با اندازهٔ تعیین‌شده توسط تولیدکننده
بیشینهٔ خطای مجاز	۲۰٪ برای تعداد ذرات در یک تنظیم اندازهٔ مشخص

جدول ج-۲ مشخصات دستگاه اندازه‌بندی زمان پرواز ذرات

مورد	مشخصه
حدود اندازه گیری	اندازهٔ ذره ۰٫۵ تا ۲۰µm؛ تراکم ذره $1{,}0\times10^{3}/m^3$ تا ذره $1{,}0\times10^{8}/m^3$
تفکیک‌پذیری	قطر آئرودینامیک: ۰٫۰۲ µm در، ۱٫۰ µm در ۰٫۰۳µm تا ۱۰ µm
بیشینهٔ خطای مجاز	۱۰٪ ازخواندن کامل

کتاب‌نامه

[1] ISO 21501-4:2007, Determination of particle size distribution — Single particle light interaction methods -
Part 4: Light scattering airborne particle counter for clean spaces

[2] ASTM F312-08, Standard Test Methods for Microscopical Sizing and Counting Particles from Aerospace Fluids on Membrane Filters. ASTM International

[3] IEST-G-CC1003. Measurement of Airborne Macroparticles. Institute of Environmental Sciencesand Technology, Arlington Heights, Illinois, 1999

[4] IEST-G-CC1004. Sequential-Sampling Plan for Use in Classification of the Particulate Cleanliness of Air in Cleanrooms and Clean Zones. Institute of Environmental Sciences and Technology , Arlington Heights, Illinois, 1999

[5] JIS B 9920:2002,
Classification of air cleanliness for cleanrooms. Japanese Standards Association