



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۹۶۴۷

چاپ اول

۱۳۹۳

INSO

19647

1st.Edition

2015

هوای محیط کار - اندازه گیری لیتیم  
هیدروکسید، سدیم هیدروکسید، پتاسیم  
هیدروکسید و کلسیم هیدروکسید با  
اندازه گیری کاتیون های متناظر  
به روش کروماتوگرافی یونی فرونشاننده

**Workplace air — Determination of lithium  
hydroxide, sodium hydroxide, potassium  
hydroxide and calcium dihydroxide —  
Method by measurement of corresponding  
cations by suppressed ion chromatography**

ICS:13.040.30

## به نام خدا

### آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی 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.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است.

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود 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، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2 - International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

## کمیسیون فنی تدوین استاندارد

« هوای محیط کار - اندازه‌گیری لیتیم هیدروکسید، سدیم هیدروکسید، پتاسیم هیدروکسید و کلسیم هیدروکسید با اندازه‌گیری کاتیون‌های متناظر به روش کروماتوگرافی یونی فرونشاننده »

### رییس:

بابایی، علی اکبر  
(دکترای مهندسی بهداشت محیط)

### سمت و / یا نمایندگی

هیأت علمی دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز

### دبیر:

حاتمی، امیر  
(دکتری شیمی)

مدیرعامل شرکت پرشیا پژوهش شریف

### اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

کارشناس آزمایشگاه اداره کل حفاظت محیط زیست استان  
خوزستان

آتشی، مژگان  
(فوق لیسانس شیمی)

کارشناس مسئول آزمایشگاه هوا اداره کل حفاظت محیط  
زیست استان خوزستان

آذریان، علیرضا  
(فوق لیسانس محیط زیست)

کارشناس شرکت زرگستر روبینا

اعرابی، سید مهدی  
(فوق لیسانس شیمی)

مدیر کنترل کیفی شرکت صنایع شیمیایی شبنم  
خوزستان

چرم زاده، مهرناز  
(فوق لیسانس شیمی)

کارشناس گروه ملی استان خوزستان

خدا بخش نژاد، فرزانه  
(فوق لیسانس بهداشت محیط)

کارشناس اداره کل استاندارد استان خوزستان

دایی، مینا  
(فوق لیسانس شیمی)

کارشناس آلودگی معاونت بهداشت دانشگاه جندی شاپور  
اهواز

صفدری، فرهاد  
(فوق لیسانس مهندسی بهداشت محیط)

کارشناس اداره کل استاندارد استان خوزستان

فتاحی نیا، مهناز  
(فوق لیسانس شیمی)

کارشناس

کوج لو، راحله  
(فوق لیسانس بهداشت محیط)

کارشناس شرکت زرگستر روبینا

گیلاسی، فهیمه  
(فوق لیسانس شیمی)

کارشناس معاونت بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اهواز

ملتجی، جلال  
(فوق لیسانس بهداشت)

کارشناس اداره کل استاندارد استان خوزستان

مهرمولایی، فاطمه  
(فوق لیسانس شیمی)

تکنسین آزمایشگاه اداره شیمیایی شرکت ملی مناطق نفت  
خیز جنوب

نجفی، زینب  
(فوق لیسانس شیمی)

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
و	پیش گفتار
ز	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف
۱۰	۴ اصول آزمون
۱۱	۵ الزامات
۱۱	۶ مواد و/ یا واکنشگرها
۱۲	۷ وسایل
۱۵	۸ ارزیابی مواجهه شغلی
۱۸	۹ نمونه برداری
۲۲	۱۰ تجزیه
۲۷	۱۱ بیان نتایج
۲۸	۱۲ عملکرد روش
۲۹	۱۳ گزارش آزمون
۳۱	۱۴ پیوست الف ( اطلاعاتی ) تصحیح دما و فشار
۳۲	۱۵ پیوست ب ( الزامی ) مواد صافی
۳۳	۱۶ پیوست پ ( الزامی ) رسوب روی دیواره نمونه بردار
۳۵	۱۷ پیوست ت ( اطلاعاتی ) کتابنامه

## پیش گفتار

استاندارد " هوای محیط کار- اندازه گیری لیتیم هیدروکسید، سدیم هیدروکسید، پتاسیم هیدروکسید و کلسیم هیدروکسید با اندازه گیری کاتیون های متناظر به روش کروماتوگرافی یونی فرونشاننده " که پیش نویس آن در کمیسیون های مربوط توسط شرکت شرکت پرشیا پژوهش شریف تهیه و تدوین شده است و در چهل و یکمین اجلاس کمیته ملی استاندارد محیط زیست مورخ ۹۳/۱۱/۰۵ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می شود .

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد .

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

ISO 17091:2013, Workplace air -Determination of lithium hydroxide, sodium hydroxide, potassium hydroxide and calcium dihydroxide - Method by measurement of corresponding cations by suppressed ion chromatography

سلامت کارگران در بسیاری از صنایع با خطر استنشاق لیتیم هیدروکسید، سدیم هیدروکسید، پتاسیم هیدروکسید و کلسیم هیدروکسید مواجه است. ضروری است بهداشت صنعتی و سایر حرفه‌های مربوط به سلامت عمومی برای کنترل این مواجهه کارگران اثرات اندازه‌گیری را تعیین کنند که معمولاً با تعیین هوای محیط کار به دست می‌آید. این استاندارد ملی به منظور دستیابی به روشی صحیح برای اندازه‌گیری لیتیم هیدروکسید، سدیم هیدروکسید، پتاسیم هیدروکسید و کلسیم هیدروکسید برای استفاده در صنعت ارائه می‌شود. همچنین این روش برای مراکز ایمنی کار، بهداشت صنعتی و سایر حرفه‌های مربوط به سلامت عمومی، آزمایشگاه‌های تجزیه‌ای و کاربران صنعتی لیتیم هیدروکسید، سدیم هیدروکسید، پتاسیم هیدروکسید و کلسیم هیدروکسید و کارگران آن‌ها کاربرد دارد.

هوای محیط کار - اندازه‌گیری لیتیم هیدروکسید، سدیم هیدروکسید، پتاسیم هیدروکسید و کلسیم هیدروکسید با اندازه‌گیری کاتیون‌های متناظر به روش کروماتوگرافی یونی فرونشاندن

## ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روشی برای اندازه‌گیری غلظت جرمی متوسط سنجش - زمانی<sup>۱</sup> لیتیم هیدروکسید (LiOH)، سدیم هیدروکسید (NaOH)، پتاسیم هیدروکسید (KOH) و کلسیم هیدروکسید ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) در هوای محیط کار به وسیله جمع‌آوری هیدروکسیدهای ذره‌ای روی صافی و تجزیه کاتیون‌های متناظر با روش کروماتوگرافی یونی می‌باشد.

این استاندارد در نمونه‌برداری آئروسول، برای نمونه‌برداری فردی از کسر قابل استنشاق ذرات هوا برد به صورت تعریف شده در استاندارد ISO7708 و برای نمونه‌برداری ثابت کاربرد دارد.

این استاندارد برای اندازه‌گیری جرم‌های  $0.05 \text{ mg}$  تا حداقل  $2.5 \text{ mg}$  لیتیم در نمونه و  $0.1 \text{ mg}$  تا حداقل  $5 \text{ mg}$  سدیم، پتاسیم و کلسیم در نمونه کاربرد دارد.

محدوده غلظتی LiOH، NaOH، KOH و  $\text{Ca(OH)}_2$  ذره‌ای در هوا برای روش اندازه‌گیری تعیین شده به وسیله روش نمونه‌برداری انتخابی توسط کاربر کاربرد دارد. محدوده کاری برای  $1 \text{ m}^3$  نمونه هوا تقریباً  $0.02 \text{ mg/m}^3$  تا حداقل  $20 \text{ mg/m}^3$  برای هر چهار هیدروکسید است. حد پایین محدوده کاری برای  $301$  نمونه هوا تقریباً  $\text{mg/m}^3$  برای چهار هیدروکسید است.

در صورت وجود هیدروکسیدها و نمک‌های متناظر آن‌ها در هوا این روش آزمون تمایزی بین آن‌ها قایل نمی‌شود. این روش برای کاتیون‌هایی که به تنهایی به شکل هیدروکسید وجود دارند، اختصاصی است. در شرایط دیگر، نتایج به دست آمده بالاتر از غلظت واقعی هیدروکسیدهای موجود در نمونه هوا (بند ۱۲-۶) خواهد بود.

## ۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۷۵۲۰: سال ۱۳۸۳، شیشه آلات آزمایشگاهی - بالن‌های حجم سنجی با یک خط نشانه - ویژگی‌ها



۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۱۵۰۴، ابزارهای حجمی با کارکرد پیستونی-قسمت ۱: اصطلاح شناسی، الزامات کلی و توصیه‌های کاربر

۳-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱۱۵۰۴، تجهیزات حجم سنجی پیستونی - قسمت ۲: پیپت های پیستونی  
۴-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۶-۱۱۵۰۴، تجهیزات حجم سنجی پیستونی - قسمت ۶: روش های گراویمتری جهت تعیین خطای اندازه گیری

2-5 ISO 7708:1995, Air quality-Particle size fraction definitions for health-related sampling

2-6 ISO 13137: Workplace atmospheres-Pumps for personal sampling of chemical and biological agents-Requirements and test methods

2-7 EN 13205-1, Workplace atmospheres-Assessment of performance of instruments for measurement of airborne particle concentrations-Part 1: General requirements

### ۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود.

۱-۳

#### ناحیه تنفسی (تعریف عمومی)

فضای اطراف صورت کارگر که او تنفس می‌کند (مرجع ۱۲ پیوست ت را ببینید).

۲-۳

#### ناحیه تنفسی (تعریف فنی)

نیم‌کره (معمولا پذیرفته شده در شعاع  $0.3\text{ m}$ ) کشیده شده در مقابل صورت انسان که مرکز آن نقطه وسط خط بین دو گوش می‌باشد، پایه این نیم‌کره صفحه‌ای است که از خط مذکور تا نقطه فوقانی سر و حنجره را در بر می‌گیرد.

یادآوری- در صورت استفاده از تجهیزات محافظ تنفسی این تعریف کاربرد ندارد.

(مرجع ۱۲ پیوست ت را ببینید).

۳-۳

#### عامل شیمیایی

هر نوع عنصر یا ترکیب شیمیایی است که به صورت خالص یا مخلوط، به شکل طبیعی یا تولیدی، استفاده شده یا آزاد شده، شامل پسماند آزاد شده از هر نوع فعالیت کاری که به صورت اتفاقی تولید شده یا به صورت تجاری در دسترس می‌باشد یا نمی‌باشد.

(مرجع ۱۵ پیوست ت را ببینید).

۴-۳

### مواجهه<sup>۱</sup> (استنشاقی)

وضعیتی که در آن یک عامل شیمیایی موجود در هوا توسط یک شخص استنشاق می‌شود.

۵-۳

### حد آستانه مواجهه شغلی

#### حد آستانه

حد غلظت متوسط سنجش- زمانی یک عامل شیمیایی در هوا در ناحیه تنفسی یک کارگر نسبت به دوره زمانی

مرجع

(مرجع ۱۵ پیوست ت را ببینید).

۶-۳

### روش سنجش

دستگاه‌های انجام کار، تشریح شده به طور ویژه برای نمونه‌برداری و تجزیه عوامل شیمیایی در هوا

یادآوری- روش اندازه‌گیری برای نمونه‌برداری و تجزیه عوامل شیمیایی در هوا معمولاً شامل مراحل زیر است. آماده‌سازی برای

نمونه‌برداری، نمونه‌برداری، انتقال، نگهداری و آماده‌سازی نمونه‌ها برای تجزیه و تجزیه.

مرجع ۶ پیوست ت را ببینید).

۷-۳

### زمان عملیاتی

مدت زمان کارکرد پمپ در یک نرخ جریان و افت فشار معین، بدون شارژ مجدد یا تعویض باتری

(استاندارد ISO 13137 را ببینید).

۸-۳

### دوره زمانی مرجع

دوره زمانی مرجع به کار رفته برای حد آستانه مواجهه شغلی یک عامل شیمیایی

یادآوری ۱- دوره زمانی مرجع معمولاً برای اندازه‌گیری‌های طولانی مدت ۸ ساعت و برای اندازه‌گیری‌های کوتاه مدت ۱۵ دقیقه

است.

یادآوری ۲- مثال‌هایی از حدود آستانه برای دوره‌های زمانی مرجع مختلف، حدود مواجهه کوتاه مدت و طولانی مدت هستند که

به وسیله ACGIH تایید شده اند.

(مرجع ۱۲ پیوست ت را ببینید).

۹-۳

### محیط کار

مکان یا مکان‌های طراحی شده برای انجام فعالیت‌های کاری

(مرجع ۱۲ پیوست ت را ببینید).

۱۰-۳

### قرارداد<sup>۱</sup> مربوط به نمونه برداری ذرات قابل استنشاق

ویژگی خاص ابزار نمونه‌برداری از بخش قابل استنشاق مورد نظر

(استاندارد ISO 7708 را ببینید).

۱۱-۳

### بخش قابل استنشاق

بخشی از جرم کل ذرات هوا برد که از طریق بینی و دهان استنشاق می‌شود.

یادآوری - بخش قابل استنشاق به سرعت و جهت حرکت هوا، نرخ تنفس و سایر عوامل بستگی دارد.

(استاندارد ISO 7708 را ببینید).

۱۲-۳

### کل ذرات هوا برد

کل ذرات موجود در حجم معینی از هوای پیرامون

یادآوری - به علت اینکه هر کدام از تجهیزات اندازه‌گیری در محدوده خاصی از اندازه ذرات کاربرد دارند، غالباً اندازه‌گیری غلظت

کل ذرات هوا برد غیر ممکن است.

۱۳-۳

### نمونه‌بردار هوا

وسیله‌ای برای جداسازی عوامل شیمیایی از هوای پیرامون

یادآوری - نمونه‌بردار هوا که معمولاً برای هدف خاصی مثلاً برای نمونه‌برداری گازها و بخارات یا برای نمونه‌برداری ذرات هوا برد

طراحی شده است.

۱۴-۳

### نمونه بردار فردی

دستگاه نمونه بردار که گازها، بخارات یا ذرات هوابرد در ناحیه تنفسی را برای تعیین مواجهه با عوامل شیمیایی جمع آوری می کند.

۱۵-۳

### نمونه برداری فردی

انجام فرآیند نمونه برداری فردی با استفاده از یک نمونه بردار فردی

۱۶-۳

### نمونه بردار ثابت

#### نمونه بردار ناحیه ای

نمونه برداری که به فرد متصل نشده و برای جمع آوری گازها، بخارات و ذرات هوابرد در یک مکان مشخص به کار می رود (مرجع ۱۲ پیوست ت را ببینید).

۱۷-۳

### نمونه برداری ثابت

#### نمونه برداری ناحیه ای

انجام فرآیند نمونه برداری از هوا از یک مکان مشخص (مرجع ۱۲ پیوست ت را ببینید).

۱۸-۳

### تجزیه

همه عملیات انجام شده بعد از آماده سازی نمونه برای تعیین مقدار یا غلظت آنالیت (های) مورد نظر موجود در نمونه

(مرجع ۱۴ پیوست ت را ببینید).

۱۹-۳

### محلول شاهد

محلول آماده شده با یک شاهد واکنشگر، شاهد آزمایشگاه، یا شاهد زمینه با همان روش استفاده شده برای انحلال نمونه

۲۰-۳

### محلول شاهد کالیبراسیون

محلول کالیبراسیون آماده شده بدون افزودن هر گونه محلول استاندارد کاری یادآوری - غلظت‌های K، Na، Li و Ca در محلول شاهد کالیبراسیون باید در حد صفر باشد. (مرجع ۱۴ پیوست ت را ببینید).

۲۱-۳

### محلول کالیبراسیون

محلول آماده شده به وسیله رقیق‌سازی محلول استاندارد کاری، حاوی K، Na، Li و Ca در غلظت‌هایی که برای استفاده در کالیبراسیون تجهیزات تجزیه‌ای مناسب هستند. (مرجع ۱۴ پیوست ت را ببینید).

۲۲-۳

### شاهد زمینه

صافی با روش کار یکسان مانند نمونه به استثنای این که برای نمونه‌برداری استفاده نشده است، یعنی صافی بر روی یک نمونه بردار قرار داده می‌شود، به محل نمونه برداری برده شده و بدون نمونه برداری مجدداً به آزمایشگاه بازگردانده می‌شود.

۲۳-۳

### شاهد آزمایشگاهی

صافی استفاده نشده از همان بسته‌ای که برای نمونه‌برداری استفاده شده و نباید از آزمایشگاه خارج شود.

۲۴-۳

### محدوده دینامیکی خطی

محدوده غلظت‌هایی که در آن منحنی کالیبراسیون برای K، Na، Li و Ca خطی است. یادآوری - محدوده دینامیکی خطی از حد تشخیص تا ابتدای انحنای خط کالیبراسیون امتداد می‌یابد.

۲۵-۳

### شاهد واکنشگر

همه واکنشگرهای مورد استفاده در انحلال نمونه با همان مقادیر مورد استفاده برای آماده‌سازی شاهد آزمایشگاهی، شاهد زمینه و محلول‌های نمونه

۲۶-۳

#### انحلال نمونه

فرایند به دست آوردن محلول حاوی K،Na،Li و Ca از یک نمونه که ممکن است شامل انحلال کامل نمونه باشد یا نباشد.

(مرجع ۱۴ پیوست ت را ببینید).

۲۷-۳

#### آماده سازی نمونه

همه عملیات انجام شده روی نمونه، بعد از انتقال و نگهداری به منظور آماده سازی آن جهت تجزیه شامل تغییر نمونه به حالت قابل اندازه گیری در صورت لزوم.

(مرجع ۱۴ پیوست ت را ببینید).

۲۸-۳

#### محلول نمونه

محلول آماده شده از نمونه به وسیله فرآیند انحلال نمونه

یادآوری - یک محلول نمونه ممکن است برای عملیات بعدی مورد نیاز باشد. مانند رقیق سازی، به منظور تولید یک محلول آزمون که برای تجزیه آماده است.

(مرجع ۱۴ پیوست ت را ببینید).

۲۹-۳

#### محلول استاندارد ذخیره

محلول مورد استفاده برای آماده سازی محلول های کالیبراسیون، حاوی K،Na،Li یا Ca در غلظت تایید شده که در استانداردهای ملی موجود می باشد.

(مرجع ۱۴ پیوست ت را ببینید).

۳۰-۳

#### محلول آزمون

محلول شاهد یا محلول نمونه که همه عملیات مورد نیاز را برای تبدیل به حالت آماده برای تجزیه طی کرده باشد.

یادآوری - عبارت آماده برای تجزیه شامل هرگونه رقیق سازی مورد نیاز می باشد. در صورتی که محلول شاهد یا نمونه قبل از تجزیه در معرض عملیات اضافی قرار نگیرد، آن یک محلول آزمون است.

(مرجع ۱۴ پیوست ت را ببینید).

۳۱-۳

### محلول استاندارد کاری

محلول آماده شده با رقیق‌سازی محلول استاندارد ذخیره حاوی Li، Na، K و Ca در غلظت‌هایی که برای آماده‌سازی محلول‌های کالیبراسیون نسبت به غلظت‌های Li، Na، K و Ca در محلول‌های استاندارد ذخیره مناسب‌ترند (مرجع ۱۴ پیوست ت را ببینید).

۳۲-۳

### بازبایی تجزیه‌ای

نسبت جرم اندازه‌گیری شده از آنالیت در نمونه به جرم معلوم از آن در نمونه

یادآوری- این نسبت معمولاً بر حسب درصد بیان می‌شود.

(مرجع ۱۲ پیوست ت را ببینید).

۳۳-۳

### انحراف

اختلاف بین یک نتیجه آزمون یا نتیجه اندازه‌گیری با مقدار واقعی آن

یادآوری ۱- انحراف، خطای کل سیستماتیک در مقابل خطای تصادفی است. انحراف ممکن است شامل یک یا چند خطای سیستماتیک باشد. اختلاف سیستماتیک بزرگتر از مقدار واقعی باعث مقدار انحراف بزرگ‌تر می‌شود.

یادآوری ۲- انحراف یک دستگاه اندازه‌گیری معمولاً با میانگین‌گیری خطای شاخص<sup>۱</sup> حاصل از عدد مناسب اندازه‌گیری‌های مکرر تخمین زده می‌شود. خطای شاخص عبارت از تفاضل مقدار اندازه‌گیری شده از مقدار واقعی متناظر با مقدار ورودی است.

یادآوری ۳- در عمل، مقدار مرجع پذیرفته شده جایگزین مقدار واقعی است.

یادآوری ۴- در مورد روش‌های اندازه‌گیری برای نمونه برداری و تجزیه عوامل شیمیایی در هوا، مقدار مرجع پذیرفته شده می‌تواند برای مثال مقدار تایید شده یک ماده مرجع، غلظت یک اتمسفر استاندارد آزمون یا مقدار هدف برای یک مقایسه بین آزمایشگاهی باشد.

(مرجع ۱ پیوست ت را ببینید).

۳۴-۳

### فاکتور پوشش<sup>۱</sup>

$k$

فاکتور عددی مورد استفاده به عنوان یک ضریب عدم قطعیت استاندارد ترکیبی به منظور به دست آوردن یک عدم قطعیت بسط یافته.

یادآوری- فاکتور پوشش  $k$ ، معمولاً در محدوده ۲ تا ۳ است.

(مرجع ۵ پیوست ت را ببینید).

۳۵-۳

### عدم قطعیت استاندارد ترکیبی

$u_c$

عدم قطعیت استاندارد نتیجه اندازه‌گیری در زمانی که نتیجه از مقادیر کمی مقادیر دیگر به دست می‌آید، معادل با ریشه مربع مجموع عبارت‌ها است. عبارت‌های واریانس یا کوواریانس سایر مقادیر سنجیده شده متناظر با نتیجه اندازه‌گیری، با تغییر در این مقدار تغییر می‌کند.

(مرجع ۵ پیوست ت را ببینید).

۳۶-۳

### عدم قطعیت بسط داده شده

مقدار یک فاصله تعریف شده در محدوده نتیجه یک اندازه‌گیری مورد انتظار برای احاطه کردن کسر بزرگی از توزیع مقادیری که به طور مناسب در اندازه‌گیری شرکت داشته‌اند.

(مرجع ۵ پیوست ت را ببینید).

۳۷-۳

### دقت

نزدیکی آزمون مستقل به نتایج اندازه‌گیری به دست آمده با تکرار روش، تحت شرایط تعریف شده

یادآوری ۱- دقت فقط به توزیع خطاهای تصادفی وابسته است و به مقدار واقعی یا مقداری معین ارتباط ندارد.

یادآوری ۲- میزان دقت که معمولاً با عبارت عدم دقت بیان می‌شود و به عنوان انحراف استاندارد نتایج آزمون یا نتایج اندازه‌گیری محاسبه می‌شود. دقت پایین باعث یک انحراف استاندارد بزرگ می‌شود.

یادآوری ۳- مقادیر کمی دقت به طور بحرانی به شرایط تعریف شده بستگی دارد. به ویژه شرایط تکرار پذیری و تجدید پذیری



(مرجع ۱ پیوست ت را ببینید).

۳۸-۳

### مقدار واقعی

به مقداری که کمیت یا مشخصه کمی را در شرایطی که آن کمیت یا مشخصه کمی قابل ملاحظه است، تعریف می‌کند.

**یادآوری** - مقدار واقعی یک کمیت یا مشخصه کمی، یک مفهوم نظری بوده و در حالت کلی، به طور دقیق نمی‌توان آن را معلوم کرد.

(مرجع ۱ پیوست ت را ببینید).

۳۹-۳

### عدم قطعیت (مربوط به اندازه‌گیری)

پارامتری که با نتایج یک اندازه‌گیری مشخص کننده میزان پراکندگی، که می‌تواند به طور قابل قبولی در اندازه‌گیری سهمیم باشد، مرتبط است.

**یادآوری ۱-** برای مثال، این پارامتر می‌تواند انحراف استاندارد (یا ضریب معین از آن) یا حدود فاصله اطمینان باشد.

**یادآوری ۲-** در حالت کلی عدم قطعیت مربوط به اندازه‌گیری‌ها شامل چندین مؤلفه می‌باشد. تعدادی از این مؤلفه‌ها، ممکن است از توزیع آماری نتایج یک سری از اندازه‌گیری‌ها، مورد ارزیابی قرار گرفته و به وسیله انحراف‌های استاندارد مشخص شوند. سایر مؤلفه‌ها که با انحراف‌های استاندارد مشخص می‌شوند، از توابع توزیع احتمالی مفروضی که بر اساس داده‌های تجربی یا اطلاعات دیگر می‌باشند، ارزیابی می‌شوند. راهنمای اصطلاح عدم قطعیت در اندازه‌گیری، این موارد مختلف را به ترتیب به صورت ارزیابی‌های عدم قطعیت نوع A و نوع B نشان می‌دهد.

(مرجع ۶ پیوست ت را ببینید).

## ۴ اصول آزمون

حجم مشخصی از هوا برای جمع‌آوری ترکیبات  $\text{LiOH}$ ،  $\text{NaOH}$ ،  $\text{KOH}$  و  $\text{Ca(OH)}_2$  ذره‌ای، درون صافی سوار شده بر روی نمونه‌بردار استنشاقی (بند ۷-۱-۱) کشیده می‌شود.

برای حل کردن هیدروکسیدهای ذره‌ای، صافی با آب یا محلول شویش (بندهای ۶-۳ و ۱۰-۱-۱)، بدون گرمایش، استخراج می‌شود.

به منظور جداسازی  $\text{Li}$ ،  $\text{Na}$ ،  $\text{K}$  و  $\text{Ca}$  استخراج شده از دیگر کاتیون‌ها، کسری از محلول نمونه به کروماتوگرافی یونی تزریق می‌شود. این جداسازی، ترکیبات  $\text{Li}$ ،  $\text{Na}$ ،  $\text{K}$  و  $\text{Ca}$  با استفاده از آشکارساز هدایت سنجی اندازه‌گیری می‌شود.

نتایج تجزیه‌ای با ترسیم هدایت اندازه‌گیری شده به عنوان تابعی از غلظت به دست می‌آید و می‌تواند برای ارزیابی مواجهه شغلی ترکیبات  $\text{Ca(OH)}_2$  و  $\text{KOH}$ ،  $\text{NaOH}$ ،  $\text{LiOH}$  در هوا مورد استفاده قرار گیرند.

## ۵ الزامات

روش اندازه‌گیری باید با استانداردهای ملی مرتبط که الزامات عملکردی را برای اندازه‌گیری عوامل شیمیایی در هوای محیط کار مشخص کرده، مطابقت داشته باشد (مرجع ۱۰ پیوست ت را ببینید).

## ۶ مواد و/یا واکنشگرها

در طول آزمون به جز در موارد ذکر شده، فقط از مواد شیمیایی با درجه خلوص واکنشگر استفاده کنید.

**یادآوری - Ca, K, Na** در همه جای محیط یافت می‌شوند و حضور آن‌ها در واکنشگرها منجر به مقادیر غلظت بالا برای شاهد می‌شوند. بنابراین توصیه می‌شود مقادیر شاهد همه واکنشگرها را قبل از استفاده بررسی کنید.

**۱-۶ آب**، از سیستم تصفیه استفاده کنید که آب با خلوص بالا با مقاومت ویژه بزرگ‌تر از  $0.18 \text{ M}\Omega\cdot\text{m}$  تولید می‌کند (معمولا سازنده سیستم تصفیه، مقاومت ویژه آب را به صورت  $18 \text{ M}\Omega\cdot\text{cm}$  بیان می‌کند).

### ۲-۶ محلول سولفوریک اسید، با غلظت $2.5 \text{ mol/l}$

**یادآوری -** می‌توان از یک محلول تجاری استفاده کرد یا از سولفوریک اسید غلیظ، سولفوریک اسید با غلظت  $2.5 \text{ mol/l}$  تهیه کرد.

**۳-۶ محلول سولفوریک اسید**، با غلظت  $0.045 \text{ mol/l}$ ، برای استفاده به عنوان شوینده و برای استخراج صافی‌های نمونه‌برداری (بند ۱۰-۱-۳)

$1/8 \text{ ml}$  از محلول سولفوریک اسید با غلظت  $2.5 \text{ mol/l}$  (بند ۲-۶) را به یک بالن حجم سنجی  $1000 \text{ ml}$  (بند ۲-۲-۷) افزوده، با آب تا خط نشانه به حجم برسانید، درپوش را بسته و کاملاً مخلوط کنید.

**۴-۶ کارتریج**، برای تولید شوینده برای کروماتوگرافی یونی فرونشاندن مناسب برای استفاده با سیستم تولید شوینده (بند ۲-۲-۷-۲-۶)

### ۵-۶ محلول‌های استاندارد

#### ۱-۵-۶ محلول استاندارد ذخیره لیتیم

از محلول استاندارد تجاری با غلظت لیتیم تایید شده مانند  $1000 \text{ mg/l}$   $\text{Li}$ ، که روش‌های تهیه آن در استاندارد ملی موجود است، استفاده کنید. تاریخ انقضا سازنده یا زمان نگهداری پیشنهادی<sup>۱</sup> را مشاهده کنید.

#### ۲-۵-۶ محلول استاندارد ذخیره سدیم

از محلول استاندارد تجاری با غلظت سدیم تایید شده مانند  $1000 \text{ mg/l}$   $\text{Na}$ ، که روش‌های تهیه آن در استاندارد ملی موجود است، استفاده کنید. تاریخ انقضا سازنده یا زمان نگهداری پیشنهادی را مشاهده کنید.

### ۳-۵-۶ محلول استاندارد ذخیره پتاسیم

از محلول استاندارد تجاری با غلظت پتاسیم تایید شده مانند  $1000 \text{ mg/l}$  K، که روش‌های تهیه آن در استاندارد ملی موجود است، استفاده کنید. تاریخ انقضا سازنده یا زمان مجاز پیشنهادی برای نگهداری را مشاهده کنید.

### ۴-۵-۶ محلول استاندارد ذخیره کلسیم

از محلول استاندارد تجاری با غلظت کلسیم تایید شده مانند  $1000 \text{ mg/l}$  Ca، که روش‌های تهیه آن در استاندارد ملی موجود است، استفاده کنید. تاریخ انقضا سازنده یا زمان نگهداری پیشنهادی را مشاهده کنید.

### ۵-۵-۶ محلول استاندارد کاری کاتیون، با غلظت $25 \text{ mg/l}$ Li و $50 \text{ mg/l}$ Na، K و Ca

حجم‌های مناسبی مانند  $0.5 \text{ ml}$  از محلول استاندارد ذخیره Li (بند ۱-۵-۶) و  $0.1 \text{ ml}$  از محلول استاندارد ذخیره Na، K و Ca (بندهای ۲-۵-۶ تا ۴-۵-۶) را با دقت به بالن حجم‌سنجی  $20 \text{ ml}$  پلاستیکی منتقل کنید. با آب تا خط نشانه رقیق کنید (بند ۱-۶)، درپوش را بگذارید و کاملاً مخلوط کنید. این محلول را هر ماه به صورت تازه آماده کنید.

## ۷ وسایل

### ۱-۷ تجهیزات نمونه برداری

۱-۱-۷ نمونه‌بردارها، که برای جمع‌آوری بخش قابل استنشاق ذرات هوابرد مطابق با استاندارد EN 13205-1 طراحی شده و از موادی ساخته شده‌اند که با هیدروکسیدهای قلیایی واکنش نمی‌دهند.

یادآوری ۱- در صورتی که نمونه‌بردار یک نوار صافی<sup>۱</sup> داخلی داشته باشد، آن هم باید از موادی باشد که با هیدروکسید واکنش نمی‌دهد.

یادآوری ۲- مواد سازنده نمونه‌بردارها و نوار صافی داخلی که با هیدروکسید واکنش ندهد می‌تواند از جنس پلی تترافلوئورواتیلن<sup>۲</sup> (PTFE) و دیگر پلیمرهای فلئوردار پلی وینیل کلرید<sup>۳</sup> (PVC)، پلی اتیلن، پلی پروپیلن و پلی کربنات ساخته شوند.

۲-۱-۷ صافی‌ها، با قطر مناسب برای استفاده در نمونه‌بردارهایی (بند ۱-۱-۷) که کارایی جمع‌آوری آن‌ها برای ذرات با قطر نفوذ  $0.3 \mu\text{m}$  حداقل  $99.5\%$  باشد و از موادی مانند الیاف کوارتز ساخته شده باشد که با هیدروکسید واکنش ندهد.

یادآوری - Ca و K، Na در همه جای محیط یافت می‌شوند و حضور آن‌ها در واکنشگرها منجر به مقادیر غلظت بالا برای شاهد می‌شود. بنابراین بررسی مقادیر شاهد هر بسته از صافی مورد استفاده ضروری است.

1- Filter cassette  
2 -Polytetrafluoroethylene  
3 -Polyvinyl Chloride

۳-۱-۷ پمپ‌های نمونه‌برداری، مطابق با الزامات استاندارد ISO 13137 با قابلیت حفظ نرخ جریان انتخابی (بند ۲-۱-۱-۹) در محدوده  $\pm 5\%$  مقدار اسمی آن‌ها در طول دوره نمونه‌برداری (بند ۲-۱-۹).

۴-۱-۷ جریان‌سنج، وسیله‌ای قابل حمل و با درستی کافی با قابلیت اندازه‌گیری نرخ جریان حجمی (بند ۱-۹-۱) در محدوده  $\pm 5\%$

کالیبراسیون جریان‌سنج باید نسبت به یک استاندارد اولیه مورد بررسی قرار گیرد، یعنی جریان‌سنجی که درستی آن در استانداردهای ملی آورده شده است. در صورت مناسب بودن (بند ۳-۱-۹)، دما و فشار اتمسفری را در جایی که کالیبراسیون جریان‌سنج بررسی می‌شود، ثبت کنید.

توصیه می‌شود که جریان‌سنج مورد استفاده قابلیت اندازه‌گیری نرخ جریان حجمی در محدوده  $\pm 2\%$  یا بهتر را داشته باشد.

#### ۵-۱-۷ تجهیزات جانبی

۱-۵-۱-۷ لوله انعطاف‌پذیر، با قطر مناسب جهت ایجاد اتصال بدون نشت بین نمونه‌بردار و پمپ‌های نمونه‌برداری

۲-۵-۱-۷ تسمه یا قلاب، به منظور متصل یا محکم کردن پمپ نمونه‌برداری جهت نمونه‌برداری فردی (به استثنای مواقعی که پمپ‌های نمونه‌برداری به اندازه کافی کوچک بوده تا داخل جیب کارگران گذاشته شوند).

۳-۵-۱-۷ انبرک، ساخته شده یا روکش شده با نوک PTFE برای گذاشتن صافی‌ها در نمونه بردارها و برداشتن صافی‌ها از نمونه بردارها (بندهای ۲-۲-۹ و ۱-۳-۱-۱۰)

۴-۵-۱-۷ دماسنج، در محدوده دمایی  $0^{\circ}\text{C}$  تا  $50^{\circ}\text{C}$  و مدرج با تقسیمات  $1^{\circ}\text{C}$  یا بهتر جهت اندازه‌گیری دمای محیط در صورت نیاز (بند ۳-۱-۹)

برای استفاده دماسنج در دماهای زیر نقطه انجماد، گستره دماسنج باید تا محدوده مناسب مورد نظر گسترش یابد.

۵-۵-۱-۷ فشارسنج، مناسب برای اندازه‌گیری فشار اتمسفر در صورت نیاز (بند ۳-۱-۹)

#### ۲-۷ وسایل آزمایشگاهی

از وسایل معمول آزمایشگاهی و وسایل زیر استفاده کنید.

یادآوری ۱- ترجیحاً از ظروف شیشه‌ای به جای ظروف پلاستیکی استفاده کنید.

یادآوری ۲- Ca و K ، Na در همه جای محیط یافت می‌شوند و حضور آن‌ها در واکنشگرها موجب می‌شود مقادیر غلظت بالا برای شاهد نشان داده شوند. بنابراین مهم است همه ظروف پلاستیکی یک بار مصرف برای آلودگی Ca ، K ، Na بررسی شود و همه ظروف آزمایشگاهی برای استفاده مجدد کاملاً تمیز شوند.

۷-۲-۱ دستکش‌های یک بار مصرف، نفوذ ناپذیر، برای محافظت دست‌ها از تماس با مواد سمی و خوردنده دستکش‌های PVC مناسب هستند.

۷-۲-۲ ظروف شیشه‌ای، بشرها و بالن‌های حجم‌سنجی تک نشانه با ظرفیت‌های مناسب، بین ۱۰۰ ml و ۱ ml، مطابق با الزامات استاندارد ملی ایران شماره ۷۵۲۰، ساخته شده از جنس شیشه بوروسیلیکات (بند ۳-۳) مطابق با الزامات استاندارد ISO 3585 که قبل از استفاده با آب (بند ۶-۱) تمیز شده‌اند. به طور جایگزین، می‌توان بالن‌ها را با ماشین شستشوی آزمایشگاهی تمیز کرده و بعد به طور کامل با آب بشویید.

### ۷-۲-۳ ظروف آزمایشگاهی پلاستیکی

۷-۲-۳-۱ بالن حجم سنجی تک نشانه، با ظرفیت‌های مناسب بین ۱۰ ml و ۱ l

۷-۲-۳-۲ ظروف پلی اتیلنی با درپوش پیچی، یک بار مصرف با ظرفیت مناسب مثلا ۱۰ ml

۷-۲-۳-۳ بشرها، با ظرفیت مناسب مثلا ۵۰ ml

۷-۲-۳-۴ لوله های سانتریفوژ مدرج، با سرپوش و ظرفیت مناسب مثلا ۱۰ ml

۷-۲-۳-۵ قیف‌های صافی، در اندازه مناسب برای استفاده در انتقال محلول‌های حاصل از شستشو از سطوح داخلی نمونه‌بردار (بند ۷-۱-۱) به لوله

۷-۲-۳-۶ صافی‌های یک بار مصرف، PTFE، با اندازه منافذ  $0.45 \mu\text{m}$  برای استفاده در کروماتوگرافی یونی

۷-۲-۳-۷ سرنگ‌های یک بار مصرف، با ظرفیت مناسب مثلا ۲ ml یا ۵ ml، با اتصال دهنده قفل<sup>۱</sup> برای استفاده با صافی‌های یک بار مصرف (بند ۷-۲-۳-۶)

۷-۲-۳-۸ ویال‌های نمونه بردار خودکار، با ظرفیت مناسب مثلا ۱.۵ ml تا ۲ ml.

۷-۲-۴ دستگاه‌های حجم‌سنجی با عملکرد پیستونی، مطابق با الزامات استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۵۰۴-۱ و آزمون شده مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۵۰۴-۶ شامل پیپتورها<sup>۲</sup> با ظرفیت ۱۰  $\mu\text{l}$  تا ۵ ml مطابق با الزامات استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۵۰۴-۲ برای آماده‌سازی محلول‌های استاندارد، محلول‌های کالیبراسیون و رقیق‌سازی نمونه‌ها

۷-۲-۵ حمام اولتراسونیک، ترجیحا با یک زمان‌سنج، مناسب برای استفاده در استخراج هیدروکسیدها

۷-۲-۶ کروماتوگراف یونی، با اجزا فهرست شده در بندهای ۷-۲-۱ تا ۷-۲-۶-۹، اجزا و لوله‌هایی که در تماس با محلول نمونه یا شوینده است باید تا حد امکان از مواد بی‌اثر مانند پلی اتر کتون (PEEK)<sup>۳</sup> باشند.

---

1 - Luer lock connector  
2-Pipettor  
3- Poly Ether Ether Ketone

۱-۶-۲-۷ پمپ، با قابلیت انتقال نمونه در جریان ثابت در محدوده ۰٫۱ ml/min تا ۵ ml/min در فشار ۱۵ MPa تا ۱۵۰ MPa

۲-۶-۲-۷ سیستم تولید شوینده، برای تولید شوینده مناسب به منظور استفاده با ستون (بند ۲-۶-۲-۷) و مرجع ۲۰ پیوست ت) جداکننده انتخابی

۳-۶-۲-۷ سیستم تزریق نمونه، با حجم مرده کم، با شیر فلزی کنترل شونده الکترونیکی متصل به لوپ نمونه با حجم حداکثر تا ۵۰۰  $\mu$ l برای تزریق نمونه به جریان شوینده

۴-۶-۲-۷ محافظ ستون<sup>۱</sup>، قرار گرفته قبل از ستون جداکننده (بند ۲-۶-۲-۷) برای حفاظت از رسوب ذرات اجزای آلی با خاصیت جذب بسیار قوی موجود در محلول نمونه

۵-۶-۲-۷ ستون جداکننده

۱-۵-۶-۲-۷ ستون جداکننده برای کروماتوگرافی یونی فرو نشاننده شیمیایی، پر شده با رزین تعویض کاتیونی با ظرفیت بالا، مناسب برای تفکیک Li, Na, K و Ca از سایر کاتیون‌ها

۲-۵-۶-۲-۷ ستون جداکننده برای کروماتوگرافی یونی غیر فرو نشاننده، پر شده با رزین تبادل کاتیونی با ظرفیت بالا، مناسب برای تفکیک Li, Na, K و Ca از سایر کاتیون‌ها

۶-۶-۲-۷ مدول فرو نشاننده برای کروماتوگرافی یونی فرو نشاننده شیمیایی، مناسب برای استفاده با ستون جداکننده (بند ۲-۶-۲-۷-۱)

۷-۶-۲-۷ آشکارساز هدایت سنجی، با جریان مداوم، حجم کم، با مسیر جریان غیر فلزی

یادآوری - یک آشکارساز هدایت سنجی می‌تواند هم با کروماتوگرافی فرو نشاننده شیمیایی و هم غیر فرو نشاننده استفاده شود.

۸-۶-۲-۷ ثبات، انتگرال‌گیر یا کامپیوتر، متناسب با خروجی آشکارساز، قادر به ثبت پاسخ آشکارساز به عنوان تابع زمان، برای هدف اندازه‌گیری ارتفاع یا مساحت پیک. استفاده از یک سیستم خودکار توصیه می‌شود.

۹-۶-۲-۷ ظرف، مناسب برای استفاده به عنوان یک مخزن برای ذخیره شوینده یا آب مورد استفاده برای تولید شوینده (بند ۲-۶-۲-۷)

۷-۲-۷ pH متر

۸ ارزیابی مواجهه شغلی

۱-۸ کلیات

این استاندارد به نمونه‌های ثابت و فردی مرتبط است. جهت راهنمایی در مورد چگونگی توسعه یک استراتژی

ارزیابی مناسب و همچنین راهنمایی کلی در مورد استراتژی اندازه‌گیری به مراجع ۸، ۱۰ و ۱۱ پیوست ت مراجعه کنید.

#### ۸-۲ نمونه برداری فردی

از آنجایی که غلظت  $\text{Ca(OH)}_2$  ،  $\text{KOH}$  ،  $\text{NaOH}$  ،  $\text{LiOH}$  در ناحیه تنفسی می‌تواند نسبت به زمینه در محیط کار متفاوت باشد، مواجهه کارگران با  $\text{Ca(OH)}_2$  ،  $\text{KOH}$  ،  $\text{NaOH}$  ،  $\text{LiOH}$  باید توسط نمونه‌برداری فردی تعیین شود.

#### ۸-۳ نمونه برداری ثابت

به منظور ارزیابی میزان مواجهه کارگران، در موقعیت‌هایی که نمونه‌برداری فردی ممکن نیست، (برای مثال موقعیت یادآوری بند ۹-۱-۲-۱) در صورتی که مناسب باشد، ممکن است نمونه‌برداری ثابت انجام گیرد. این نوع نمونه‌برداری برای تعیین سطح زمینه  $\text{Ca(OH)}_2$  ،  $\text{KOH}$  ،  $\text{NaOH}$  ،  $\text{LiOH}$  در هوای محیط کار به منظور تعیین یک شاخص برای کارآیی تهویه یا برای تهیه اطلاعات از مکان و شدت انتشار یک منبع، کاربرد دارد.

#### ۸-۴ انتخاب شرایط و الگوی اندازه‌گیری

##### ۸-۴-۱ کلیات

۸-۴-۱-۱ روش نمونه‌برداری باید طوری طراحی شود که کمترین مزاحمت ممکن را برای کارگر و عملکرد شغلی معمول ایجاد کند و همچنین نمونه‌هایی تهیه می‌شوند که باید نماینده شرایط کاری معمول بوده و با روش تجزیه‌ای سازگار باشند.

۸-۴-۱-۲ در الگوی نمونه‌برداری باید ملاحظات کاربردی نظیر ماهیت کار مورد اندازه‌گیری، تناوب و مدت زمان فعالیت‌های کاری ویژه در نظر گرفته شود.

##### ۸-۴-۲ اندازه‌گیری‌های غربالی برای تغییرات غلظت در زمان و/یا مکان

اندازه‌گیری‌های غربالی برای تغییرات غلظت در زمان و/یا مکان برای موارد زیر استفاده می‌شود.

- تامین اطلاعات مربوط به الگوی احتمالی غلظت عوامل شیمیایی
- شناسایی مکان‌ها و دوره‌های زمانی مواجهه شدت یافته
- تامین اطلاعات مربوط مکان و شدت منابع نشر و
- برآورد بازدهی تهویه یا سایر معیارهای فنی

##### ۸-۴-۳ اندازه‌گیری‌های غربالی غلظت متوسط سنجش-زمانی و اندازه‌گیری‌ها در بدترین شرایط

۸-۴-۳-۱ اندازه‌گیری‌های غربالی غلظت متوسط سنجش-زمانی برای به‌دست آوردن اطلاعات کمی نسبتاً خام سطح مواجهه به منظور بررسی این که آیا مشکل مواجهه وجود دارد یا نه و ارزیابی شدت احتمالی آن در مواردی

که مشکل مواجهه وجود دارد. این اندازه‌گیری‌ها هم‌چنین می‌تواند در صورتی که مواجهه کم‌تر یا بیش‌تر از حدود آستانه باشد مورد استفاده قرار گیرد.

۸-۴-۳-۲ اندازه‌گیری‌های غربالی غلظت متوسط سنجش-زمانی معمولاً در مراحل آغازین پیمایش برای بررسی موثر بودن اقدامات کنترلی انجام می‌شود. نمونه‌برداری ممکن است در طی دوره‌های زمانی کاری نماینده برای به دست آوردن اطلاعات دقیق در مورد سطح و الگوی مواجهه یا اندازه‌گیری‌ها در بدترین شرایط انجام شود.

یادآوری- اندازه‌گیری‌های غربالی غلظت متوسط سنجش-زمانی برای شناسایی دقیق دوره‌های زمانی کاری که در آن دوره‌ها بالاترین سطوح مواجهه اتفاق می‌افتد، به این دوره‌ها اندازه‌گیری در بدترین شرایط می‌گویند.

#### ۸-۴-۴-۴ اندازه‌گیری‌های نزدیک یک منبع نشر

اندازه‌گیری‌های نزدیک یک منبع نشر برای تامین اطلاعات مربوط به مکان و شدت آن منبع انجام می‌شود. از مکان و شدت نشر یک منبع به همراه سایر اطلاعات می‌توان برای حذف منبع مشکوک به عنوان سهم قابل توجه در مواجهه استفاده کرد.

#### ۸-۴-۵-۵ اندازه‌گیری‌ها برای مقایسه با حدود آستانه و اندازه‌گیری‌های دوره‌ای

##### ۸-۴-۵-۱-۱ اندازه‌گیری‌ها برای مقایسه با حدود آستانه

۸-۴-۵-۱-۱ اندازه‌گیری‌ها برای مقایسه با حدود آستانه برای تامین اطلاعات درست و قابل اعتماد، برای تخمین یا به دست آوردن غلظت متوسط سنجش-زمانی یک عامل شیمیایی ویژه قابل استنشاق در هوا مورد استفاده قرار می‌گیرد (مرجع ۱۰ پیوست ت را ببینید).

۸-۴-۵-۱-۲ در اندازه‌گیری‌ها برای مقایسه با حد مواجهه کوتاه مدت، زمان نمونه برداری باید تا حد امکان نزدیک به دوره زمانی مرجع باشد، که معمولاً ۱۵ دقیقه است.

۸-۴-۵-۱-۳ در اندازه‌گیری‌ها برای مقایسه با حد مواجهه طولانی، نمونه‌ها باید در تمام طول دوره زمانی کاری یا در طول تعدادی از زمان‌های کاری نماینده جمع‌آوری شوند (برای حداقل زمان نمونه‌برداری بند ۹-۱-۲-۱ را ببینید).

یادآوری- بهترین برآورد مواجهه طولانی مدت، با نمونه برداری در تمام طول دوره کاری به دست می‌آید. اما این کار معمولاً عملی نیست. (به دلیل ایجاد بار اضافی در روی صافی)

#### ۸-۴-۵-۲-۲ اندازه‌گیری‌های دوره‌ای

اندازه‌گیری‌های دوره‌ای برای این که آیا شرایط مواجهه در زمان اندازه‌گیری‌ها برای مقایسه با مقادیر حدود اعمال شده تغییر کرده، یا آیا هنوز کنترل اندازه‌گیری‌ها موثر است، استفاده می‌شود.



## ۹ نمونه برداری

### ۹-۱ ملاحظات اولیه

#### ۹-۱-۱ انتخاب و استفاده از نمونه بردارها

۹-۱-۱-۱ نمونه بردارهایی (بند ۷-۱-۱) را انتخاب کنید که به منظور جمع‌آوری بخش قابل استنشاق ذرات هوا برد، مطابق با استاندارد ISO 7708 طراحی شده و از موادی ساخته شده‌اند که با  $\text{KOH}$ ،  $\text{NaOH}$ ،  $\text{LiOH}$  و  $\text{Ca(OH)}_2$  واکنش نمی‌دهند.

در صورت امکان نمونه بردارهای انتخابی باید از مواد رسانا ساخته شده باشند. زیرا نمونه بردارهای ساخته شده از مواد نارسانا خواص الکترواستاتیکی دارند که می‌تواند نمونه‌برداری نماینده را تحت تاثیر قرار می‌دهند.

۹-۱-۱-۲ از نمونه بردارها در نرخ جریانی که برای آن طراحی شده‌اند و مطابق دستور کارهای سازنده است، استفاده کنید.

#### ۹-۱-۲ دوره زمانی نمونه برداری

۹-۱-۲-۱ دوره زمانی نمونه‌برداری را انتخاب کنید که برای عمل اندازه‌گیری (بند ۸-۴) مناسب است، اما مطمئن شوید که زمان به اندازه کافی طولانی باشد که ترکیبات  $\text{KOH}$ ،  $\text{NaOH}$ ،  $\text{LiOH}$  و  $\text{Ca(OH)}_2$  با عدم قطعیت قابل قبول (بند ۳-۵-۸) در سطوح مهم بهداشت صنعتی قابل اندازه‌گیری باشد. برای مثال به منظور اطمینان از این که مقدار نمونه جمع‌آوری شده در حضور  $\text{KOH}$ ،  $\text{NaOH}$ ،  $\text{LiOH}$  و  $\text{Ca(OH)}_2$  در اتمسفر مورد آزمون بالاتر از حد پایینی گستره کاری روش تجزیه‌ای است، حداقل زمان نمونه‌برداری مورد نیاز را به صورت مضرب مناسبی از حد آستانه آن‌ها، از رابطه ۱ محاسبه کنید.

$$t_{min} = \frac{m_{lower}}{q_v \times F \times \rho_{LV}} \quad (1)$$

که در آن:

$t_{min}$  حداقل زمان نمونه‌برداری، بر حسب دقیقه؛

$m_{lower}$  حد پایینی گستره تجزیه، بر حسب میکروگرم؛

$q_v$  نرخ جریان طراحی نمونه بردار، بر حسب لیتر بر دقیقه؛

$F$  مضرب مناسب از حد آستانه (برای مثال ۰٫۱ برابر برای حد آستانه متوسط سنجش - زمانی ۸ ساعت یا ۰٫۵ برابر برای حد آستانه کوتاه مدت)؛

$\rho_{LV}$  حد آستانه، بر حسب میلی گرم بر متر مکعب؛

یادآوری - در صورتی که حداقل زمان نمونه‌برداری به اندازه کافی برای روش اندازه‌گیری کوتاه نباشد، امکان استفاده از یک نمونه‌بردار طراحی شده برای به کار بردن در نرخ جریان بالاتر را بررسی کنید.

۹-۱-۲-۲ در زمانی که غلظت‌های بالایی از ذرات هوا برد مورد انتظار است، دوره زمان نمونه‌برداری کوتاه انتخاب کنید تا خطر اضافه بار مواد ذره‌ای روی صافی وجود نداشته باشد.

## ۳-۱-۹ اثرات دما و فشار

### ۱-۳-۱-۹ اثر دما و فشار روی اندازه‌گیری نرخ جریان

برای تعیین این مسئله که نرخ جریان حجمی مشخص جریان سنج (بند ۷-۱-۴) به دما و فشار وابسته باشد، به دستورکار کارخانه سازنده مراجعه کنید. تفاوت بین دما و فشار اتمسفر در زمان کالیبراسیون جریان‌سنج و در زمان نمونه‌برداری را بررسی کنید و مشخص کنید آیا تفاوت زیادی وجود دارد و در صورت وجود تصحیح را مد نظر قرار دهید. برای مثال در صورتی که خطا بزرگتر از  $\pm 5\%$  باشد. در صورتی که تصحیح لازم باشد دما و فشار اتمسفری که در آن کالیبراسیون جریان‌سنج (بند ۷-۱-۴) بررسی شده را اندازه‌گیری و ثبت کنید و در آغاز و پایان زمان نمونه‌برداری، دما و فشار اتمسفری را اندازه‌گیری و ثبت کنید (بندهای ۹-۴-۱ و ۹-۴-۲ را ببینید).

یادآوری- در بند الف-۱ یک مثال از تصحیح دما و فشار برای نرخ جریان حجمی مشخص برای یک افت فشار ثابت، جریان سنج ناحیه متغیر ارائه شده است.

### ۲-۳-۱-۹ بیان نتایج

در صورت لزوم محاسبه مجدد غلظت  $\text{Ca(OH)}_2$ ،  $\text{KOH}$ ،  $\text{NaOH}$ ،  $\text{LiOH}$  در هوا برای مرجع بودن شرایط (مرجع ۳ پیوست را ببینید) را بررسی کنید و در صورت مثبت بودن دما و فشار اتمسفر را در آغاز و پایان زمان نمونه‌برداری، اندازه‌گیری و ثبت کنید (بندهای ۹-۴-۱ و ۹-۴-۲) و با استفاده از رابطه بند الف-۱-۲ تصحیح لازم را انجام دهید.

یادآوری- غلظت  $\text{Ca(OH)}_2$ ،  $\text{KOH}$ ،  $\text{NaOH}$ ،  $\text{LiOH}$  در هوا به طور معمول برای شرایط محیطی واقعی (دما و فشار) در محیط کار تعیین می‌شود.

### ۴-۱-۹ جابه‌جایی نمونه

برای به حداقل رساندن خطر آسیب پذیری یا آلودگی، مجموعه‌ای از صافی‌ها (بند ۷-۱-۲) را فقط در یک محیط تمیز که غلظت  $\text{K}$ ،  $\text{Na}$ ،  $\text{Li}$  و ترکیبات  $\text{Ca}$  در هوا کم‌ترین غلظت ممکن است جابه‌جا کنید و صافی‌ها را فقط با انبرک (بند ۷-۱-۳-۵) جابه‌جا کنید.

### ۲-۹ آماده‌سازی برای نمونه‌برداری

#### ۱-۲-۹ تمیزکاری نمونه‌بردارها

نمونه‌بردارها (بند ۷-۱-۱) را قبل از استفاده تمیز کنید، مگر این‌که نوار نمونه‌برداری یک‌بار مصرف استفاده شود. نمونه‌بردار را باز کنید و با آب کاملاً شستشو دهید، با دستمال جاذب پاک کنید و اجازه دهید تا قبل از بستن مجدد خشک شود. به طور جایگزین می‌توانید از دستگاه شستشوی آزمایشگاهی استفاده کنید.

#### ۲-۲-۹ بارگذاری نمونه با صافی

هر نمونه بردار تمیز (بند ۷-۱-۲) را با صافی مناسب (بند ۹-۲-۱) بارگذاری کنید، هر یک را برچسب بزنید طوری که بتوان به صورت منحصر به فرد آن‌ها را شناسایی کرد. برای جلوگیری از آلودگی با پوشش محافظ یا در پوش آن‌ها را بپوشانید.

#### ۳-۲-۹ تنظیم نرخ جریان حجمی

در یک ناحیه تمیز که غلظت  $Li$ ،  $Na$  و ترکیبات  $Ca$  حداقل است، موارد زیر را انجام دهید. هر نمونه بردار پر شده (بند ۹-۲-۲) را با استفاده از لوله انعطاف پذیر (بند ۷-۱-۵-۱) به پمپ نمونه برداری (بند ۷-۱-۳) وصل کنید. مطمئن باشید که هیچ نشستی رخ نمی‌دهد. پوشش محافظ یا درپوش هر نمونه بردار را بردارید، پمپ نمونه برداری را روشن کرده و نمونه بردار را به جریان سنج (بند ۷-۱-۴) متصل کنید. این روش، جریان را از طریق روزنه ورودی نمونه بردار اندازه می‌گیرد، و نرخ جریان حجمی (بند ۹-۱-۱-۲) مورد نیاز را تنظیم می‌کند. پمپ نمونه برداری را خاموش کنید و برای جلوگیری از آلودگی هنگام حمل و نقل به موقعیت نمونه برداری، نمونه بردار را با پوشش محافظ یا درپوش آن بپوشانید و درزبندی کنید. در صورت نیاز اجازه دهید پمپ نمونه برداری قبل از تنظیم نرخ جریان حجمی از لحاظ شرایط عملکردی به حالت پایدار برسد.

#### ۴-۲-۹ شاهد های زمینه

یک نمونه بردار پر شده با فیلتر که استفاده نشده است را از میان هر مجموعه ۱۰ تایی از نمونه بردار آماده شده به عنوان شاهد که تعداد آن‌ها حداقل ۳ تا است نگه‌دارید و آن‌ها را مانند همان نمونه اصلی، انبار کرده، به محل نمونه برداری انتقال داده و آماده کنید. اما اجازه ندهید هوا به درون صافی‌ها نفوذ کند.

#### ۳-۹ موقعیت نمونه برداری

#### ۱-۳-۹ نمونه برداری فردی

۱-۱-۳-۹ نمونه بردار را در ناحیه تنفسی کارگر و تا حد امکان نزدیک دهان و بینی فرد قرار دهید، به عنوان مثال به یقه کارگر ببندید. در این روش پمپ نمونه برداری را به کارگر طوری وصل کنید که کمترین مزاحمت را ایجاد کند، مثلاً به یک کمربند دور کمر (بند ۷-۱-۵-۲)، یا داخل جیب فرد بگذارید.

۲-۱-۳-۹ به این نکته توجه کنید که آیا ماهیت فرایند منجر به تفاوت قابل توجهی بین مواجهه مستقیم کارگر و غلظت  $Ca(OH)_2$ ،  $NaOH$ ،  $LiOH$  اندازه‌گیری شده توسط نمونه بردار متصل شده به یقه کارگر می‌شود یا خیر. در صورت مثبت بودن در این مورد با انجام تنظیمات ویژه‌ای نمونه بردار را به بینی و دهان کارگر نزدیک کرده و در آن جا قرار دهید.

#### ۲-۳-۹ نمونه برداری ثابت

۹-۳-۲-۱ در صورت نمونه‌برداری ثابت، به منظور ارزیابی میزان مواجهه یک کارگر، در موقعیت‌هایی که نمونه‌برداری فردی ممکن نیست نمونه‌بردار را در مجاورت کارگر و در ارتفاع تنفسی قرار دهید. در صورت تردید، موقعیت نمونه‌برداری را به نقطه‌ای که در آن بیشترین احتمال مواجهه وجود دارد، ببرید.

۹-۳-۲-۲ در صورتی که از نمونه‌برداری ثابت برای تعیین سطح زمینه Li، Na، K و Ca در محیط کار استفاده می‌شود، موقعیت نمونه‌برداری را که به‌طور موثر دور از فرایندهای کاری می‌باشد، انتخاب کنید. چنین نتایجی مستقیماً از Li، Na، K و Ca آزاد شده از منابع نشر تاثیر نمی‌پذیرد.

#### ۹-۴ جمع‌آوری نمونه

۹-۴-۱ زمانی که آماده نمونه‌برداری می‌باشید، پوشش محافظ یا درپوش را از نمونه‌بردار برداشته و پمپ نمونه برداری را روشن کنید. زمان و نرخ جریان حجمی را در آغاز نمونه‌برداری ثبت کنید. در صورتی که پمپ نمونه برداری دارای زمان سنج داخلی است، بررسی کنید که عدد آن روی صفر دوباره تنظیم شود. در صورت امکان (بند ۹-۱-۳)، دما و فشار اتمسفر را در شروع مدت نمونه برداری با دماسنج (بند ۷-۱-۵-۴) و فشارسنج (بند ۷-۱-۵-۵) اندازه‌گیری و نرخ‌های اندازه‌گیری شده را ثبت کنید.

یادآوری - در صورتی که دما یا فشار در موقعیت نمونه‌برداری متفاوت از موقعیتی است که نرخ جریان حجمی تنظیم شده است (بند ۹-۳-۲)، نرخ جریان حجمی می‌تواند تغییر کند و ممکن است قبل از نمونه‌برداری نیاز به تنظیم دوباره داشته باشد.

۹-۴-۲ در پایان دوره نمونه‌برداری (بند ۹-۱-۲)، زمان را ثبت کنید و مدت زمان نمونه‌برداری را محاسبه کنید، نقص اندیکاتور و یا نقص زمان سنج داخلی، در صورت وجود را بررسی کرده، و در صورتی که شواهدی برای درست کار نکردن پمپ نمونه‌برداری در طول دوره نمونه‌برداری وجود دارد، نمونه را به عنوان نمونه غیر قابل قبول مد نظر قرار دهید. نرخ جریان حجمی را با استفاده از جریان‌سنج (بند ۷-۱-۴) در پایان دوره نمونه‌برداری اندازه‌گیری کنید و مقدار اندازه‌گیری شده را ثبت کنید. در صورت مناسب بودن (بند ۹-۱-۳) میزان دما و فشار اتمسفر را در پایان دوره زمانی نمونه‌برداری با دماسنج (بند ۷-۱-۵-۴) و فشارسنج (بند ۷-۱-۵-۵) اندازه‌گیری کرده و نرخ‌های اندازه‌گیری شده را ثبت کنید.

۹-۴-۳ با دقت مشخصات نمونه و همه‌ی داده‌های مرتبط (مرجع ۱۳ پیوست ت را ببینید) با نمونه‌برداری را ثبت کنید. نرخ متوسط جریان حجمی را با میانگین‌گیری نرخ جریان حجمی در شروع و پایان دوره زمانی نمونه‌برداری محاسبه کنید و در صورت امکان (بند ۹-۱-۳)، متوسط دما و فشار اتمسفری را محاسبه کنید. حجم هوای نمونه‌برداری شده را برحسب لیتر، در دما و فشار اتمسفری، با ضرب میانگین نرخ جریان حجمی برحسب لیتر در دقیقه در طول دوره نمونه‌برداری برحسب دقیقه محاسبه کنید.

#### ۹-۵ حمل و نقل

##### ۹-۵-۱ نمونه‌بردار با نوار صافی داخلی

برای نمونه‌بردارهای با یک نوار صافی داخلی، نوار صافی را از هر نمونه‌بردار جدا کرده، با درپوش آن را ببندید و با گیره آن را انتقال دهید.

## ۹-۵-۲ نمونه بردار با نوار یک بار مصرف

برای نمونه بردارهای از نوع نوار یک بار مصرف، نمونه‌ها را با نمونه بردارهای آن به آزمایشگاه انتقال دهید.

## ۹-۵-۳ انتقال نمونه به آزمایشگاه

۹-۵-۳-۱ نمونه‌ها (بندهای ۹-۵-۱ و ۹-۵-۲) را با ظرفی در آزمایشگاه که برای جلوگیری از آسیب دیدن نمونه‌ها در حمل و نقل طراحی شده و برای اطمینان از جابه‌جایی درست برچسب گذاری شده به آزمایشگاه، منتقل کنید.

۹-۵-۳-۲ مطمئن شوید مستندسازی همراه نمونه که برای زنجیره محافظتی آن ایجاد شده مناسب است (برای مثال مرجع ۹ پیوست ت را ببینید).

## ۱۰ تجزیه

هشدار- هنگام انجام تجزیه از تجهیزات محافظ شخصی مناسب استفاده کنید. (شامل دستکش مناسب، محافظ صورت، عینک ایمنی یا غیره).

### ۱۰-۱ آماده سازی آزمون و کالیبراسیون محلول

#### ۱۰-۱-۱ انتخاب روش آماده‌سازی نمونه

برای آماده سازی محلول‌های آزمون جهت تعیین  $\text{LiOH}$ ،  $\text{NaOH}$ ،  $\text{KOH}$  و  $\text{Ca(OH)}_2$ ، بسته به روش تجزیه‌ای و ستون جداکننده مورد استفاده از آب (بند ۶-۱) یا محلول شویش (بند ۶-۳) استفاده کنید (برای راهنمایی‌های بیشتر مرجع ۲۰ پیوست ت را ببینید).

#### ۱۰-۱-۲ عملیات مورد نظر در مورد رسوب‌های روی دیواره نمونه بردار

قبل از باز کردن نوار انتقال صافی یا نمونه بردارهای مورد استفاده احتمال رسوب روی دیواره‌های داخلی نوار یا نمونه بردار طی نمونه برداری را در نظر بگیرید. همچنین باید به عملیاتی که برای به حساب آوردن این ذرات به عنوان بخشی از نمونه توجه نمود. اطلاعات اضافی را در پیوست پ ببینید.

#### ۱۰-۱-۳ آماده سازی محلول‌های آزمون

۱۰-۱-۳-۱ نوار صافی یا نمونه بردار (بند ۹-۵) را باز کنید و صافی را جداگانه با استفاده از انبرک تمیز (بند ۷-۱-۳) به لوله‌های (بند ۷-۲-۳) با درپوش پیچی یا بشر (بندهای ۷-۲-۲ یا ۷-۲-۳-۳) برچسب خورده، انتقال دهید، مطمئن شوید که سمتی از صافی که نمونه روی آن جمع‌آوری شده، به سمت بالا باشد. روش‌های مشابه را برای صافی‌های شاهد (بند ۹-۲-۴) انجام دهید.

یادآوری- امکان انجام عمل استخراج برای نمونه بردارها از نوع نوار یک بار مصرف هم وجود دارد، به شرطی که ظرفیت کافی داشته باشند و همچنین نمونه با درپوش محافظ درزبندی شده، نسبت به ورود آب مقاوم باشند. در این مورد بهتر است محلول استخراج (بند ۱۰-۱-۳-۲) از طریق روزنه‌های خروجی به نمونه بردار اضافه شود و برای جلوگیری از نشت و آلودگی محلول‌های نمونه بردارها باید در یک موقعیت قائم در حمام اولتراسونیک (بند ۱۰-۱-۳-۳) نگهداری شوند.

۱۰-۳-۲ با استفاده از پپیت ۱۰/۰ ml آب (بند ۶-۱) یا محلول شویش (بند ۶-۳) را با دقت به هر ظرف با درپوش پیچشی یا بشر بریزید. در صورتی که نمونه بردار مورد استفاده از نوعی بود که رسوب ذرات هوا برد روی سطح داخلی نمونه بردار تشکیل بخشی از نمونه (بند پ-۲) را بدهد، با آب یا محلول شوینده به دقت تمامی مواد ذره‌ای چسبیده به دیواره داخلی نمونه بردار را شسته و به درون بشر بریزید. به دلیل ماهیت آب گریزی صافی‌های PTFE، ۰/۱ ml اتانول به آن‌ها اضافه کنید.

۱۰-۳-۳ مخلوط را به آرامی بچرخانید، مطمئن شوید که باقیمانده صافی کاملاً در آب غوطه‌ور بماند. سپس به مدت ۱۵ دقیقه در یک حمام اولتراسونیک (بند ۷-۲-۵) قرار دهید و اجازه دهید صافی‌های فرو رفته به مدت ۱ ساعت در دمای اتاق قرار بگیرد، گاهی هم آن‌را بچرخانید یا هم بزنید.

۱۰-۳-۴ هر محلول نمونه را با صافی PTFE (بند ۷-۲-۳-۶) صاف کنید. به‌عنوان مثال با استفاده از سرنگ یک‌بار مصرف (بند ۷-۲-۳-۷) و سپس محلول زیر صافی را به صورت جداگانه، در یک ویال نمونه‌برداری خودکار (بند ۷-۲-۳-۸) ریخته و برچسب‌گذاری کنید.

#### ۱۰-۱-۴ آماده‌سازی محلول‌های کالیبراسیون

برای پوشش محدوده غلظت مورد نیاز حداقل ۵ محلول کالیبراسیون، به‌عنوان مثال برای Li از ۰/۳ mg/l تا ۳ mg/l و برای Na، K و Ca، از ۰/۶ mg/l تا ۶ mg/l را آماده کنید. به دقت حجم‌های مناسب از محلول استاندارد کاری کاتیون (بند ۶-۶-۵) را با پپیت به بالن‌های حجم‌سنجی تک نشانه (بندهای ۷-۲-۲ یا ۷-۲-۳-۱) یا لوله سانتریفیوژ مدرج (بند ۷-۲-۳-۴) که دارای برچسب‌گذاری مجزا و مشخص هستند، بریزید و تا خط نشانه با آب (بند ۶-۱) رقیق کنید و در آن را ببندید و کاملاً مخلوط کنید. این محلول‌های تازه کالیبراسیون را به صورت تازه و روزانه آماده کنید.

#### ۱۰-۲ تجزیه دستگاهی

##### ۱۰-۲-۱ تنظیم دستگاه

۱۰-۲-۱-۱ یون کروماتوگراف را مطابق با دستور شرکت سازنده تنظیم کنید.

۱۰-۲-۱-۲ یک لوپ نمونه با حجم تزریق مناسب را نصب کنید.

۱۰-۲-۱-۳ آشکارساز را برای اندازه‌گیری گستره مناسب اندازه‌گیری تنظیم کنید.

۱۰-۲-۱-۴ نرخ جریان محلول شویش (بند ۶-۴) را به مقداری که با ستون مورد استفاده سازگار باشد، تنظیم کنید.

۱۰-۲-۱-۵ نرخ جریان تولید مجدد محلول به مقدار مناسب را تنظیم کنید.

##### ۱۰-۲-۲ تجزیه

۱۰-۲-۲-۱ محلول‌های کالیبراسیون (بند ۱۰-۱-۴) را به ترتیب افزایش غلظت به سیستم یون کروماتوگرافی تزریق کرده و پیک‌های هیدروکسید را برای هر محلول استاندارد در حالت سطح پیک محاسبه کنید.

۱۰-۲-۲-۲ از کامپیوتر دستگاه با استفاده از رگرسیون خطی برای به دست آوردن تابع کالیبراسیون استفاده کنید. در صورتی که ضریب تعیین  $R^2$  بیشتر از ۰/۹۹۹ نباشد، کالیبراسیون را تکرار کنید.

یادآوری - در صورتی که  $R^2$  کمتر از ۰/۹۹۹ باشد، می توان با حذف یک نقطه کالیبراسیون اشتباه و پردازش مجدد داده ها به کالیبراسیون مناسب دست یافت.

۱۰-۲-۲-۳ محلول های آزمون نمونه و شاهد (بند ۱۰-۱-۳) را به سیستم یون کروماتوگرافی تزریق کنید و هر محلول را اندازه گیری کنید. برای تعیین غلظت هیدروکسید بر حسب mg/l از تابع کالیبراسیون ذخیره (بند ۱۰-۲-۲) استفاده کنید.

۱۰-۲-۲-۴ محلول شاهد کالیبراسیون و محلول های کالیبراسیون با گستره متوسط را بعد از کالیبراسیون اولیه و سپس بعد از هر ۱۰ محلول آزمون، تجزیه کنید. در صورتی که غلظت اندازه گیری شده  $Ca$  و  $K$ ،  $Na$ ،  $Li$  در نمونه های متوالی کالیبراسیون شاهد بالاتر از حد تشخیص باشد، طبق بند ۱۰-۳-۲ اندازه گیری کنید، یا در صورتی که غلظت اندازه گیری شده  $Ca$  و  $K$ ،  $Na$ ،  $Li$  در نمونه متوالی کالیبراسیون اصلاحی بیشتر از  $\pm 5\%$  تغییر کرد، یکی از اقدامات اصلاحی زیر را انجام دهید. از نرم افزار برای اصلاح تغییر حساسیت یا تجزیه مشکوک استفاده کرده و دستگاه را دوباره کالیبره کنید. در مورد دیگر، محلول های آزمونی را که در طول دوره تغییر حساسیت تجزیه شده اند را دوباره تجزیه کنید یا در غیر این صورت برای به دست آوردن تغییر حساسیت، داده ها را مجددا پردازش کنید.

۱۰-۲-۲-۵ محلول های شاهد واکنشگر و محلول های شاهد آزمایشگاهی را مانند بند ۱۰-۴-۱ و محلول های کنترل کیفیت را مانند بند ۱۰-۴-۲-۱ تجزیه کنید و از نتایج آنها برای پایش کردن عملکرد روش مانند بند ۱۰-۴-۲-۲ استفاده کنید.

۱۰-۲-۲-۶ در صورتی که غلظت های  $Ca$  و  $K$ ،  $Na$ ،  $Li$  بیشتر از حد بالای گستره کالیبراسیون خطی باشد، برای تنظیم کردن آنها در گستره خطی محلول های آزمون را رقیق کنید و تجزیه را تکرار کنید. هنگام رقیق سازی حجم مناسبی از محلول استخراج شده را اضافه کرده، به طوری که محلول های آزمون رقیق شده و محلول های کالیبراسیون به صورت بافت همسان شوند و ضریب رقت  $(DF)$  را ثبت کنید.

یادآوری - برای نمونه هایی که انتظار غلظت های بسیار بالایی از  $LiOH$ ،  $NaOH$ ،  $KOH$  و  $Ca(OH)_2$  در آنها را داریم، لازم است قبل از اولین تجزیه آنها، محلول های آزمون رقیق شوند.

۱۰-۳ برآورد حد تشخیص و حد کمی سازی

۱۰-۳-۱ برآورد حد تشخیص دستگاهی

۱-۱-۳-۱۰ حد تشخیص دستگاهی را تحت شرایط کاری تجزیه‌ای به روش شرح داده شده در بندهای ۱۰-۳-۱-۲ و ۱۰-۳-۱-۳ برآورد کنید و این عمل را هر زمانی که شرایط تجربی به طور قابل توجهی تغییر کرد، تکرار کنید.

**یادآوری-** حد تشخیص دستگاهی برای استفاده در شناسایی تغییرات در عملکرد دستگاه است، اما آن یک حد تشخیص روش نیست (مرجع ۲۱ پیوست ت را ببینید). احتمالاً حد تشخیص دستگاهی پایین‌تر از حد تشخیص روش است، زیرا در حد تشخیص دستگاه فقط تغییر پذیری بین قرائت‌های مرتبط به هر دستگاه مدنظر قرار می‌گیرد. تعیین یک محلول به عنوان یک بخش موثر از تغییرات یک ماتریکس یا نمونه مد نظر قرار نمی‌گیرد.

۱-۱-۳-۱۰ یک محلول آزمون را با غلظت‌های هیدروکسید نزدیک به حد تشخیص پیش بینی شده دستگاه به‌وسیله رقیق کردن محلول استاندارد کاری کاتیون (بند ۶-۵-۵) توسط یک عامل مناسب آماده کنید.  
۱-۱-۳-۱۰ حداقل ۱۰ اندازه‌گیری یون کروماتوگرافی روی محلول آزمون انجام دهید و حد تشخیص دستگاهی را که به صورت سه برابر انحراف استاندارد نمونه با غلظت متوسط است، محاسبه کنید.

#### ۱-۳-۲ برآورد حدود تشخیص روش و حدود کمی‌سازی

۱-۲-۳-۱۰ حد تشخیص دستگاه را تحت شرایط کاری تجزیه‌ای به روش شرح داده شده در بندهای ۱۰-۳-۲-۱ و ۱۰-۳-۲-۳ (بر اساس روش شرح داده شده در مرجع ۲۲ پیوست ت) برآورد کنید و این عمل را هر زمانی که شرایط تجربی به طور قابل توجهی تغییر کرد، تکرار کنید.

۱-۲-۳-۱۰ حداقل ۱۰ صافی (بند ۷-۱-۲) را با  $Li, Na, K$  و  $Ca$  نزدیک به حد تشخیص پیش‌بینی شده، به‌عنوان مثال  $1 \mu g$  از هر کاتیون، با اسپایک هر صافی با  $0.1 ml$  از محلول آماده شده با رقیق‌سازی محلول استاندارد کاری کاتیون (بند ۶-۵-۵) توسط یک ضریب مناسب تقویت کنید. محلول‌های آزمون را طبق روش کار بند ۱۰-۱-۳ آماده کنید.

۱-۲-۳-۱۰ اندازه‌گیری‌های یون کروماتوگرافی را در محلول‌های آزمون گرفته شده از هر صافی (بند ۱۰-۳-۲-۱) اسپایک شده آماده کنید و حد تشخیص روش و حد کمی‌سازی را، به ترتیب ۳ برابر و ۱۰ برابر انحراف استاندارد نمونه در مقدار متوسط غلظت محاسبه کنید.

**یادآوری-** یک روش جایگزین برای برآورد حد تشخیص روش شامل تجزیه صافی نمونه غنی شده با آنالیت مورد نظر در مقادیر معین حد تشخیص پیش‌بینی شده می‌باشد (مرجع ۲۱ پیوست ت را ببینید).

#### ۱-۴-۱ کنترل کیفیت

#### ۱-۴-۱-۱ نمونه‌های شاهد آزمایشگاهی

نمونه‌های شاهد واکنشگر (آب و واکنشگر) و شاهد‌های زمینه (صافی‌های اسپایک نشده) را در کل مراحل آماده‌سازی نمونه و فرآیند تجزیه برای تعیین آلودگی نمونه‌ها در فعالیت‌های آزمایشگاهی، تهیه کنید. نمونه‌های شاهد واکنشگر را بر اساس حداقل یک فراوانی در هر ۲۰ نمونه یا حداقل یک فراوانی در هر دسته پردازش کنید.



#### ۱۰-۴-۲ نمونه‌های اسپایک شده و نمونه‌های دوتایی اسپایک شده

۱۰-۴-۲-۱ نمونه‌های اسپایک شده و نمونه‌های دوتایی اسپایک شده را در کل مراحل آماده‌سازی نمونه و فرآیند تجزیه برای برآورد درستی روش در دسته نمونه که به‌عنوان یک درصد بازیابی نسبت به مقدار اسپایک شده واقعی بیان شده، تهیه کنید. نمونه‌های اسپایک شده و نمونه‌های دوتایی اسپایک شده شامل صافی‌هایی با مقدار معلوم از Li، Na، K و Ca اضافه شده است. (این می‌تواند به‌وسیله اسپایک با حجم معلوم از محلول استاندارد کار کاتیون در مقادیر در گستره دینامیکی خطی دستگاه انجام شود. محلول استاندارد کار کاتیون استفاده شده باید از محلول‌های استاندارد ذخیره شده از منابع مختلف که برای تهیه محلول‌های کالیبراسیون استفاده شده‌اند تولید شوند. این نمونه‌های کنترل کیفیت را بر اساس حداقل یک فراوانی در هر ۲۰ نمونه یا حداقل یک فراوانی در هر دسته پردازش کنید.

۱۰-۴-۲-۲ به‌وسیله رسم نمودارهای کنترل درصد نسبی بازیابی‌ها و نمودارهای تفاوت‌های درصد نسبی بین نمونه‌های اسپایک شده و نمونه‌های دوتایی اسپایک شده، عملکرد روش را پایش کنید. در صورتی که نتایج کنترل کیفیت نشان دهد که روش خارج از کنترل است، علت را بررسی کرده و آن را اصلاح کنید و در صورت لزوم باشد نمونه‌ها را دوباره تجزیه کنید. برای راهنمایی بیشتر استاندارد ASTM E882 را ببینید.

#### ۱۰-۴-۳ مواد مرجع تایید شده (CRMs)

در صورت وجود مواد، مرجع تایید شده مناسب<sup>۱</sup> (CRMs) برای Li، Na، K و Ca باید قبل از استفاده معمول از روش تجزیه شوند که این عمل جهت تعیین رضایت بخشی درصد نسبی بازیابی مربوط به مقدار تصدیق شده می‌باشد. CRMs از مواد مرجع اروپایی<sup>۲</sup> (ERM)، موسسه برای مواد مرجع و اندازه‌گیری‌ها<sup>۳</sup> (IRMM) و موسسه ملی استاندارد و فناوری<sup>۴</sup> (NIST) قابل دسترس هستند.

#### ۱۰-۴-۴ ارزیابی کیفیت خارجی

در صورتی که در آزمایشگاه تجزیه هیدروکسیدها در نمونه‌های هوای کار به‌طور منظم انجام می‌شود، توصیه می‌شود که آزمایشگاه در برنامه ارزیابی کیفیت خارجی مرتبط یا برنامه کارایی مهارت آزمون شرکت کند، البته در صورتی که چنین طرحی وجود داشته باشد و همچنین آزمایشگاه به آن دسترسی داشته باشد.

**یادآوری** - برای اطلاعات در مورد وجود طرح‌های آزمون کارآمد به داده‌های EPTIS (مرجع ۲۴ پیوست ت را ببینید) یا یک سازمان با مجوز رسمی ملی مراجعه کنید.

#### ۱۰-۵ عدم قطعیت اندازه‌گیری

به شدت توصیه می‌شود که آزمایشگاه میزان عدم قطعیت اندازه‌گیری‌های خود را بر اساس استاندارد ISO/IEC 98-3 تخمین و گزارش دهند. که مستلزم این است که در ابتدا نمودار علت و اثر ایجاد شود که از این نمودار

---

1- Certified reference materials  
2- European Reference Materials  
3- Institute for Reference Materials and Measurements  
4- National Institute for Standards and Technology

برای تعیین منابع جداگانه خطاهای تصادفی و سیستماتیک در کل روش نمونه برداری و تجزیه استفاده می شود. عدم قطعیت های استاندارد مرتبط با این خطاها یا برآورده شده یا به طور تجربی تعیین شده، یا هر دو و به عنوان بودجه عدم قطعیت ترکیب شناخته می شود. عدم قطعیت استاندارد ترکیبی، در نهایت به وسیله یک ضریب پوشش مناسب برای تولید عدم قطعیت توسعه یافته ضرب می شود. معمولاً ضریب پوشش ۲ برای سطح اطمینان حدود ۹۵٪ در مقدار محاسبه شده توصیه می شود.

**یادآوری ۱-** کاربرد تجزیه علت و اثر برای روش های تجزیه ای در مرجع ۵، ۲۴ و ۲۵ پیوست ت شرح داده شده است.

**یادآوری ۲-** مرجع ۱۳ پیوست ت فراهم کننده راهنمایی هایی برای عدم قطعیت های مرتبط با نمونه برداری در بودجه عدم قطعیت می باشد.

**یادآوری ۳-** عبارت هایی که در تغییر پذیری تصادفی روش تجزیه ای شرکت می کنند به طور معمول در اندازه گیری های دقت به کار می روند و آن ها را می توان از داده های کنترل کیفیت برآورد کرد. خطاهای مرتبط با عملکرد دستگاهی را می توان تخمین زد. برای این کار احتمال توزیع مستطیل شکل، توسط تقسیم بندی انحراف قابل قبول قبل از کالیبراسیون دوباره به وسیله  $\sqrt{3}$  (بند ۱۰-۲-۴) را مد نظر قرار می دهند. خطاهای سیستماتیک یک روش تجزیه، شامل خطاهایی که در ارتباط با بازیابی تجزیه ای، خطاهای مرتبط با محلول های استاندارد کاری و خطاهای مرتبط با رقیق سازی محلول های مورد آزمون و غیره هستند.

## ۱۱ بیان نتایج

غلظت جرمی  $\text{LiOH}$ ،  $\text{NaOH}$ ،  $\text{KOH}$  و  $\text{Ca(OH)}_2$  در نمونه هوا در شرایط هوای پیرامون را با استفاده از رابطه ۲ محاسبه کنید.

$$\rho_{\text{hydroxide}} = \frac{(\rho_{\text{cation},1} \times V_1 \times f_{\text{dilution}}) - (\rho_{\text{cation},0} \times V_0)}{V} \times f_{\text{conversion}} \quad (2)$$

$\rho_{\text{hydroxide}}$  غلظت جرمی  $\text{LiOH}$ ،  $\text{NaOH}$ ،  $\text{KOH}$  و  $\text{Ca(OH)}_2$  در نمونه هوا، برحسب میلی گرم بر متر مکعب؛

$\rho_{\text{cation},0}$  که غلظت متوسط  $\text{Li}$ ،  $\text{Na}$ ،  $\text{K}$  و  $\text{Ca}$  در محلول شاهد آزمون، برحسب میلی گرم بر لیتر؛

$\rho_{\text{cation},1}$  غلظت  $\text{Li}$ ،  $\text{Na}$ ،  $\text{K}$  و  $\text{Ca}$  در محلول آزمون نمونه، برحسب میلی گرم بر لیتر؛

$V$  حجم نمونه هوا، بر حسب لیتر؛

$V_0$  حجم محلول آزمون شاهد برحسب میلی لیتر؛

$V_1$  حجم محلول نمونه، برحسب میلی لیتر؛

$f_{\text{dilution}}$  ضریب رقت (در صورت استفاده نکردن از رقیق سازی  $f_{\text{dilution}} = 1$ )؛

$f_{\text{conversion}}$  ضریب تبدیل کاتیون به غلظت هیدروکسید ( $\text{Li}$  برای ۳٫۴۵،  $\text{NaOH}$  برای ۱٫۷۳،  $\text{KOH}$  برای ۱٫۴۳،  $\text{Ca(OH)}_2$  برای ۱٫۸۵).

## ۱۲ عملکرد روش

### ۱۲-۱ کارایی نمونه برداری و ذخیره سازی نمونه

آزمون‌های آزمایشگاهی با صافی اسپایک شده  $\text{LiOH}$ ،  $\text{NaOH}$ ،  $\text{KOH}$  و  $\text{Ca(OH)}_2$  دارای کارایی بازیابی محصول بیشتر از ۹۵٪ بعد از ۴ هفته ذخیره سازی نمونه می‌باشد. برای اطلاعات بیشتر مرجع ۱۹ پیوست ت را ببینید.

### ۱۲-۲ حد کمی سازی

حد کمی سازی روش تعیین شده (مرجع ۱۹ پیوست ت را ببینید) برای  $\text{Li}$   $0.5 \text{ mg/l}$  و برای  $\text{Na}$ ،  $\text{K}$  و  $\text{Ca}$   $1 \text{ mg/l}$  می‌باشد. برای حجم  $10 \text{ ml}$  از محلول نمونه و یک حجم  $420 \text{ l}$  از نمونه هوا حد کمی سازی روش معادل  $0.41 \text{ mg/m}^3$  برای  $\text{LiOH}$  و  $\text{NaOH}$ ،  $0.34 \text{ mg/m}^3$  برای  $\text{KOH}$  و  $0.44 \text{ mg/m}^3$  برای  $\text{Ca(OH)}_2$  می‌باشد.

### ۱۲-۳ حد بالایی گستره کاری

حد بالایی گستره تجزیه به وسیله حداکثر بارگذاری مجاز صافی نمونه تعیین می‌شود که برای صافی‌های الیاف کوارتز در بارگذاری نمونه تا  $1 \text{ mg}$  نقطه شکستی اتفاق نمی‌افتد.

### ۱۲-۴ دقت و انحراف آزمایشگاهی

#### ۱۲-۴-۱ انحراف تجزیه‌ای

تجربه‌های آزمایشگاهی نشان داده که روش تجزیه‌ای، انحراف قابل توجهی را نشان نمی‌دهد، میانگین بازیابی تجزیه‌ای حاصل از تجزیه صافی‌های اسپایک شده در گستره  $2\% \pm 100\%$  برای  $\text{LiOH}$ ،  $\text{NaOH}$ ،  $\text{KOH}$  و  $\text{Ca(OH)}_2$  تعیین شده است.

#### ۱۲-۴-۲ دقت تجزیه‌ای

ضریب تغییرات روش که از تغییر پذیری تجزیه‌ای حاصل می‌شود، CV (تجزیه)، از نمونه‌های اسپایک شده در گستره  $0.7\%$  تا  $1.3\%$  برای  $\text{LiOH}$ ،  $0.9\%$  تا  $3.0\%$  برای  $\text{NaOH}$ ،  $0.8\%$  تا  $1.9\%$  برای  $\text{KOH}$  و  $1.4\%$  تا  $3.4\%$  برای  $\text{Ca(OH)}_2$  تعیین شده است.

### ۱۲-۵ عدم قطعیت نمونه برداری و روش تجزیه

عدم قطعیت بسط داده شده روش با استفاده از ضریب پوشش ۲ برای هیدروکسیدهای ذره‌ای کم‌تر از  $22\%$  برآورد شده است.

### ۱۲-۶ مزاحمت‌ها

$\text{Na}$ ،  $\text{K}$  و  $\text{Ca}$  در محیط موجودند و در صورت وجود با مقادیر بالا در هوای نمونه برداری شده، سایر محلول‌های  $\text{Na}$ ،  $\text{K}$  و نمک‌های  $\text{Ca}$  می‌تواند به‌طور قابل توجهی در اندازه‌گیری‌های  $\text{NaOH}$ ،  $\text{KOH}$  و  $\text{Ca(OH)}_2$  با استفاده از روش تشریح شده در این استاندارد تاثیر بگذارد. هرچند در زمان اندازه‌گیری هیدروکسیدها با روش تیتراژ عیار انتخاب‌پذیری و حساسیت هم وجود دارد. برای مثال مواجهه مخلوط با بیش‌تر از یک هیدروکسید می‌تواند

اتفاق بیافتد و حضور کربنات‌ها و واکنش هیدروکسیدهای نمونه با  $\text{CO}_2$  می‌تواند رخ دهد، روش توصیف شده در این استاندارد به این دلیل انتخاب شده که در بدترین شرایط هم نتایج ارائه می‌دهد، یعنی نتایج اشتباه مثبت امکان دارد اما نتایج منفی کاذب امکان ندارد.

## ۱۳ گزارش آزمون

### ۱۳-۱ ثبت گزارش آزمون

گزارش آزمون باید حداقل شامل اطلاعات زیر باشد.

- الف) عبارتی برای نشان دادن محرمانه بودن اطلاعات ارائه شده، در صورت مناسب بودن؛
  - ب) شناسایی کامل نمونه هوا شامل تاریخ نمونه‌برداری، محل نمونه‌برداری، نوع نمونه (شخصی یا ثابت) یا شناسایی جداگانه ناحیه تنفسی نمونه‌برداری شده (یا دیگر شناسه‌های شخصی) یا محیط شغلی عمومی نمونه‌برداری شده (برای نمونه ثابت)، شرح بسیار مختصری از فعالیت‌های کار که در طول دوره نمونه‌برداری انجام شده و کد شناسایی منحصر به فرد نمونه؛
  - پ) روش آزمون استفاده شده مطابق این استاندارد ملی؛
  - ت) ساخت، نوع و قطر صافی استفاده شده؛
  - ث) ساخت و نوع نمونه‌بردار مورد استفاده؛
  - ج) ساخت و نوع پمپ نمونه‌برداری مورد استفاده و مشخصات آن؛
  - چ) ساخت و نوع جریان‌سنج مورد استفاده، استاندارد اولیه‌ای که بر اساس آن کالیبراسیون جریان‌سنج بررسی شده، گستره نرخ‌های جریان بیش از کالیبراسیون جریان‌سنج بررسی شده، دما و فشار اتمسفر که در آن کالیبراسیون جریان‌سنج مورد بررسی قرار گرفته، در صورت مناسب بودن ( بند ۹-۱-۳)؛
  - ح) زمان آغاز و پایان دوره نمونه‌برداری و مدت زمان دوره نمونه‌برداری، بر حسب دقیقه؛
  - خ) نرخ متوسط جریان در طول دوره نمونه‌برداری، بر حسب لیتر در هر دقیقه؛
  - د) دما و فشار متوسط اتمسفر در طول دوره نمونه‌برداری، در صورت مناسب بودن ( بند ۹-۱-۳)؛
  - ذ) حجم نمونه هوا در شرایط محیط، بر حسب لیتر؛
  - ر) نام شخصی که نمونه‌ها را جمع‌آوری کرده؛
  - ز) غلظت متوسط سنجش - زمانی  $\text{LiOH}$ ،  $\text{NaOH}$ ،  $\text{KOH}$  و  $\text{Ca(OH)}_2$  یافت شده در نمونه هوا ( بر حسب میلی گرم در هر متر مکعب)، در دما و فشار محیط یا در صورت مناسب بودن در شرایط مرجع تنظیم شده؛
  - س) تنوع تجزیه مورد استفاده برای محاسبه نتیجه شامل غلظت  $\text{Li}$ ،  $\text{Na}$ ،  $\text{K}$  و  $\text{Ca}$  در نمونه و محلول‌های شاهد، حجم‌های نمونه و محلول‌های شاهد و ضریب رقیق سازی در صورت مناسب بودن؛
- یادآوری - در صورتی که اطلاعات لازم برای محاسبات بالا ( برای مثال حجم نمونه هوا) در آزمایشگاه در دسترس نباشد، گزارش آزمایشگاه ممکن است شامل نتیجه تجزیه‌ای  $\text{LiOH}$ ،  $\text{NaOH}$ ،  $\text{KOH}$  و  $\text{Ca(OH)}_2$  بر حسب میکروگرم در هر نمونه صافی باشد.
- ش) نوع دستگاه مورد استفاده برای آماده‌سازی نمونه و تجزیه و شناسه منحصر به فرد.

ص) برآورد حدود تشخیص دستگاه، حدود تشخیص روش، حدود کمی‌سازی تحت شرایط تجزیه‌ای کاری، اندازه‌گیری عدم قطعیت تعیین شده بر اساس مرجع ۵ پیوست ت و در صورت درخواست مشتری داده‌های کنترل کیفیت؛

ض) هر عملیاتی در این استاندارد مشخص نشده یا به صورت اختیاری در نظر گرفته شده است؛

ط) نام و امضای آزمون‌گر (یا دیگر شناسایی منحصر به فرد)؛

ظ) تاریخ انجام آزمون؛

ع) هرگونه انحراف ناخواسته، اتفاق غیر معمول یا دیگر مشاهدات قابل توجه.

### ۱۳-۲ گزارش آزمایشگاه

این گزارش آزمایشگاه باید شامل همه اطلاعات مورد نیاز توسط کاربر نهایی، مقامات نظارتی و سازمان اعتبار گذاری باشد.

**پیوست الف**  
**(اطلاعاتی)**  
**تصحیح دما و فشار**

**الف-۱ تصحیح دما و فشار برای نرخ جریان حجمی مشخص**

الف-۱-۱ برای اندازه‌گیری نرخ جریان حجم‌سنجی از جریان‌سنج حبابی استفاده کنید زیرا قرائت آن مستقل از دما و فشار است. برای دیگر جریان‌سنج‌ها در صورتی که دما و فشار در زمان اندازه‌گیری متفاوت از زمان کالیبراسیون جریان‌سنج باشد یک تصحیح نرخ جریان حجمی لازم است.

الف-۱-۲ یک نمونه مثال از لزوم تصحیح دما و فشار در زمان افت فشار ثابت، جریان‌سنج ناحیه متغیر مورد استفاده برای اندازه‌گیری نرخ جریان حجم‌سنجی، در زیر آمده است. تصحیح حجم نمونه هوا را با استفاده از رابطه الف-۱ محاسبه کنید.

$$V_{\text{corr}} = q_v \times t \times \sqrt{\frac{p_1 \times T_2}{p_2 \times T_1}} \quad (\text{الف-۱})$$

که در آن:

$V_{\text{corr}}$  حجم تصحیح شده، بر حسب لیتر؛

$q_v$  نرخ متوسط جریان، بر حسب لیتر بر دقیقه؛

$t$  زمان نمونه‌برداری، بر حسب دقیقه؛

$p_1$  فشار اتمسفر در طول کالیبراسیون پمپ نمونه‌برداری جریان‌سنج، بر حسب کیلو پاسکال؛

$p_2$  فشار متوسط اتمسفر در طول دوره نمونه‌برداری، بر حسب کیلو پاسکال؛

$T_1$  دما در طول کالیبراسیون پمپ اندازه‌گیری جریان‌سنج، بر حسب کلوین؛

$T_2$  دمای متوسط در طول دوره نمونه‌برداری، بر حسب کلوین؛

محاسبات نظری نشان می‌دهد که انحراف ۵٪ حجم نمونه هوا در فشار اتمسفری مرجع ۱۰۱٫۳ kPa در فشارهای ۹۱٫۹ kPa و ۱۱۲٫۲ kPa اتفاق می‌افتد. هر دوی این مقادیر خارج از شرایط آب و هوای طبیعی در سطح دریا هستند، اما این اختلاف فشار مربوط به تغییرات ارتفاع حدود ۸۰۰ m (۰٫۱ kPa - تقریباً ۸ m افزایش ارتفاع) در فشار طبیعی اتمسفری در سطح دریا می‌باشد. به طور مشابه، انحراف ۵٪ حجم نمونه هوا در دمای مرجع ۲۹۳ K در ۲۶۴ K و ۳۲۳ K اتفاق می‌افتد.

الف-۱-۳ هر جریان‌سنج دیگر نیز می‌تواند نیازمند تصحیح برای تغییرات دما و فشار باشد. برای چنین اصلاحاتی دستور کار سازنده را دنبال کنید.

پیوست ب  
(الزامی)  
مواد صافی

ب-۱ صافی‌ها

هدف صافی‌ها جمع‌آوری هیدروکسید ذره‌ای می‌باشد.

LiOH ، NaOH ، KOH و  $\text{Ca(OH)}_2$  هیدروکسیدهای قوی هستند که با بسیاری از مواد صافی واکنش می‌دهند. بنابراین انتخاب درست صافی مورد استفاده برای جمع‌آوری هیدروکسید ذره‌ای از اهمیت خاصی برخوردار است و باید از موادی ساخته شود که با هیدروکسیدها واکنش نمی‌دهند.

صافی‌های الیاف کوارتز به‌طور کلی برای استفاده به عنوان صافی مناسب هستند. هرچند سطح و تغییرپذیری شاهدها می‌تواند بسته به عرضه کننده صافی و خصوصیات منحصر به فرد بسته صافی مورد استفاده (بند ۱۲-۶) تغییر کند. بنابراین توصیه می‌شود برای تصدیق هر دسته صافی به وسیله تعیین حد کمی‌سازی از روش شرح داده شده در بند ۱۰-۳-۲ استفاده کنیم.

**یادآوری** - صافی الیاف شیشه‌ای به طور اصولی برای نمونه‌برداری هیدروکسیدهایی مناسب است که منجر به مقادیر شاهد بسیار بالایی برای Na و Ca می‌شود.

**پیوست پ**  
**(الزامی)**  
**رسوب روی دیوار نمونه بردار**

پ-۱ این پیوست اطلاعات روش‌های محاسبه رسوب مواد ذره‌ای روی دیواره داخلی نوار انتقال<sup>۱</sup> یا نمونه‌بردار را (بند ۱۰-۱-۲) فراهم می‌کند.

**پ-۲ نمونه‌بردارها**

نمونه‌بردارهای آئروسول معمولاً شامل یک صافی است که در یک نگه‌دارنده قرار گرفته است. کل دستگاه به عنوان یک نمونه‌بردار آئروسول در نظر گرفته شده است. کارایی نمونه‌بردار آئروسول از طریق نسبت غلظت هوای محاسبه شده از ذرات جمع‌آوری شده با نمونه‌بردار در مقایسه با غلظت هوای دست‌نخورده بررسی می‌شود. تمامی نمونه‌بردارهای ذرات با افزایش قطر آئرو‌دینامیکی<sup>۲</sup> ذرات، کاهش کارایی نمونه‌برداری را نشان می‌دهند. نمونه‌بردارهای با اندازه-انتخابی برای یک راندمان نمونه‌برداری خاص در گستره‌ای از قطر آئرو‌دینامیکی طراحی شده‌اند که به عنوان قرارداد نمونه‌برداری شناخته شده (استاندارد ISO 7708 را ببینید) شناخته می‌شوند. در این موارد کارایی واقعی نمونه‌بردار با مرجع قرارداد نمونه‌برداری مربوط به آن مقایسه می‌شود.

**پ-۳ کارایی جمع‌آوری**

کارایی جمع‌آوری یک نمونه‌بردار آئروسول در هوا دارای ۴ جز می‌باشد: ۱- کارایی مکش ۲- کارایی انتقال در نمونه‌بردار (از ورودی نمونه‌بردار به زیر لایه جمع‌آوری یا در صورت موجود بودن جداکننده داخلی، هر دو از ورودی نمونه‌بردار به جداکننده داخلی و از جداکننده داخلی به زیر لایه جمع‌آوری) ۳- کارایی نفوذ (در صورت وجود از طریق جداکننده داخلی) ۴- راندمان جذب از طریق زیر لایه جمع‌آوری (به عنوان مثال کارایی فیلتراسیون، زمانی که زیر لایه جمع‌آوری یک صافی است) برای هر گونه طراحی مشخص نمونه‌بردار، اجزای مختلف تابع اندازه آئرو‌دینامیکی و نرخ جریان هوا از درون نمونه‌بردار هستند. کارایی مکش هم‌چنین به سرعت و جهت باد بستگی دارد. در صورتی که زاویه عمودی نمونه‌بردار بر مکش و انتقال هر دو تاثیر می‌گذارد. قسمتی از نمونه در هنگام عبور از نمونه‌بردار روی سطح داخلی نمونه رسوب می‌کند و ذرات رسوب کرده در زیر لایه می‌توانند از سطح بستر جدا شده و به رسوب‌هایی که از قبل روی سطح داخلی هستند اضافه شوند. (به استثنای زمانی که زیر لایه جمع‌آوری با اضافه بار همراه است، این از دست دادن نمونه با اهمیت می‌شود). در صورتی که مشخصات طراحی برای نمونه‌بردار شامل تمام ذرات قابل مکش باشد، این از دست دادن در محاسبات در نظر گرفته می‌شود.

---

1-Transport cassette  
2- Aerodynamic diameter



برای برخی از نمونه‌بردارها، نمونه رسوب کرده در زیر لایه جمع آوری به عنوان تمام نمونه در نظر گرفته می‌شود. یعنی رسوب‌های دیواره به عنوان بخشی از نمونه در نظر گرفته نمی‌شود. برای دیگر نمونه‌ها توصیه می‌شود که رسوب‌های دیواره مورد ارزیابی قرار گیرد.

#### پ-۴ روش انجام آزمون

چندین روش انجام آزمون برای محاسبه رسوب‌های دیواره وجود دارد. یک روش، استخراج یا حل شدن نمونه در داخل بدنه نمونه‌بردار است. روش دیگر، که اغلب مورد استفاده است شستشوی دیواره داخلی و ریختن آن به درون ظرف نمونه حل شده حاوی زیر لایه جمع آوری است. در صورتی که رسوب بسیار انحلال پذیر باشد یا به راحتی جابه‌جا شود، برای موارد  $\text{LiOH}$  ،  $\text{NaOH}$  ،  $\text{KOH}$  و  $\text{Ca(OH)}_2$  می‌تواند به صورت کمی بیان شود.

پيوست ت  
(اطلاعاتي)  
کتاب نامه

- [1] ISO 3534-2:2006, Statistics — Vocabulary and symbols — Part 2: Applied statistics
- [2] ISO 3585, Borosilicate glass 3.3 — Properties
- [3] ISO 8756, Air quality — Handling of temperature, pressure and humidity data
- [4] ISO 9004-4:1993, Quality management and quality system elements — Part 4: Guidelines for quality improvement
- [5] ISO/IEC Guide 98-3:2008, Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)
- [6] ISO/IEC Guide 99:2007, International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM)
- [7] ASTM E 882, Standard guide for accountability and quality control in the chemical analysis laboratory
- [8] ASTM E 1370, Standard guide for air sampling strategies for worker and workplace protection
- [9] ASTM D 4840, Standard practice for chain of custody procedures
- [10] EN 482, Workplace atmospheres — General requirements for the performance of procedures for the measurement of chemical agents
- [11] EN 689, Workplace atmospheres — Guidance for the assessment of exposure to chemical agents for comparison with limit values and measurement strategy
- [12] EN 1540:2011, Workplace exposure — Terminology
- [13] EN 13890, Workplace exposure — Procedures for measuring metals and metalloids in airborne particles — Requirements and test methods
- [14] EN 14902:2005, Ambient air quality — Standard method for the measurement of Pb, Cd, As and Ni in the PM10 fraction of suspended particulate matter
- [15] European Commission. Council Directive 98/24/EC of 7 April 1998 on the protection of the health and safety of workers from the risks related to chemical agents at work (fourteenth individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC). Available (2011-11-06) at <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1998:131:0011:0023:EN:PDF>
- [16] American Conference of Government Industrial Hygienists (ACGIH), Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents; Biological Exposure Indices, ACGIH, Cincinnati, OH, USA (updated annually) <http://www.acgih.org/>

[17] European Commission. Commission Directive 2006/15/EC of 7 February 2006 establishing a second list of indicative occupational exposure limit values in implementation of Council Directive 98/24/EC and amending Directives 91/322/EEC and 2000/39/EC. Available (2011-11-06) at

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:038:0036:0039:EN:PDF>

[18] International Labour Organization (ILO). Programme on Safety and Health at Work and the Environment (SafeWork), Chemical Exposure Limits. Available (2011-11-06) at [http://www.ilo.org/safework/areasofwork/lang--en/WCMS\\_118291/index.htm](http://www.ilo.org/safework/areasofwork/lang--en/WCMS_118291/index.htm)

[19] Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA).

Database : GESTIS — International limit values for chemical agents. Available (2011-11-06) at [http://www.dguv.de/ifa/en/gestis/limit\\_values/index.jsp](http://www.dguv.de/ifa/en/gestis/limit_values/index.jsp)

[20] Breuer D. Hydroxide (LiOH, NaOH, KOH, Ca(OH)<sub>2</sub>), In: BGIA Working Folder, Sheet No. 7683. Erich-Schmidt Verlag GmbH & Co, Berlin, Germany, 2009. ISBN 3 503 020853. Available (2011-11-06) at <http://www.myesv.info/login.html>

[21] Dionex, Dionex reference library, manuals, technical documents, applications, product literature, CD-ROM, Dionex corporation (updated regularly). Available (2011-11-06) at [www.dionex.com](http://www.dionex.com)

[22] Kennedy E .R., Fischbach T.J., Song R ., Eller P.M., Shulman S. Guidelines for air sampling and analytical method development and evaluation. U.S. Department of Health and Human Sciences, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH, 1995. DHHS (NIOSH) Publication pp, 95-117. Available (2011-11-06) at <http://www.cdc.gov/niosh/docs/95-117/>

[23] Currie L.A. Nomenclature in evaluation of analytical methods including detection and quantification capabilities (IUPAC Recommendations 1995). Pure Appl. Chem. 1995, 67 pp. 1699-1723

[24] BAM. Database EPTIS (European Information System on Proficiency Testing Schemes). Federal Ministry of Economics and Technology (BMWi), Federal Institute for Materials Research and Testing (BAM), Berlin, Germany. Available (2011-11-06) at [www.eptis.bam.de](http://www.eptis.bam.de)

[25] Ellison S .L.R., & Barwick V.J. Estimating measurement uncertainty: Reconciliation using a cause and effect approach. Accred. Qual. Assur. 1998, 3 pp. 101-513

[26] Ellison S .L.R., & Barwick V.J. Using validation data for ISO measurement uncertainty investigation: Part 1. Principles of an approach using cause and effect analysis. Analyst (Lond.). 1998, 123 pp. 1387-1392