



دانشگاه سامان نور

اندازه‌گیری و ارزشیابی آلودگی‌ها

دکتر لیلا غیرتی آرانی صلاح‌الدین مرادی

«امروزه کتاب‌خوانی و علم‌آموزی، نه تنها یک وظیفه‌ی ملی، که یک واجب دینی است.»^۱

در عصر حاضر یکی از شاخصه‌های ارزیابی رشد، توسعه و پیشرفت فرهنگی هر کشوری میزان تولید کتاب، مطالعه و کتاب‌خوانی مردم آن مرز و بوم است. ایران اسلامی نیز از دیرباز تاکنون با داشتن تمدنی چند هزارساله و مراکز متعدد علمی، فرهنگی، کتابخانه‌های معتبر، علما و دانشمندان بزرگ با آثار ارزشمند تاریخی، سرآمد دولت‌ها و ملت‌های دیگر بوده و در عرصه‌ی فرهنگ و تمدن جهانی به‌سان خورشیدی تابناک همچنان می‌درخشد و با فرزندان نیک‌نهاد خویش هنرنمایی می‌کند. چه کسی است که در دنیا با دانشمندان فرزانه و نام‌آور ایرانی همچون ابوعلی سینا، ابوریحان بیرونی، فارابی، خوارزمی و ... همچنین شاعران برجسته‌ای نظیر فردوسی، سعدی، مولوی، حافظ و ... آشنا نباشد و در مقابل عظمت آنها سر تعظیم فرود نیاورد. تمامی این افتخارات ارزشمند، برگرفته از میزان عشق و علاقه فراوان ملت ما به فراگیری علم و دانش از طریق خواندن و مطالعه منابع و کتاب‌های گوناگون است. به شکرانه‌ی الهی، تاریخ و گذشته ما، همیشه درخشان و پربار است. ولی اکنون در این زمینه در چه جایگاهی قرار داریم؟ آمار و ارقام ارائه‌شده از سوی مجامع و سازمان‌های فرهنگی در مورد سرانه‌ی مطالعه‌ی هر ایرانی، برایمان چندان امیدوارکننده نمی‌باشد.

کتاب، دروازه‌ای به سوی گستره‌ی دانش و معرفت است و کتاب خوب، یکی از بهترین ابزارهای کمال بشری است. همه‌ی دستاوردهای بشر در سراسر عمر جهان، تا آنجا که قابل کتابت بوده است، در میان دست‌نوشته‌هایی است که انسان‌ها پدید آورده و می‌آورند. در این مجموعه‌ی بی‌نظیر، تعالیم الهی، درس‌های پیامبران به بشر، و همچنین علوم مختلفی است که سعادت بشر بدون آگاهی از آنها امکان‌پذیر نیست. کسی که با دنیای زیبا و زندگی‌بخش کتاب ارتباط ندارد بی‌شک از مهم‌ترین دستاورد انسانی و نیز از بیشترین معارف الهی و بشری محروم است. با این دیدگاه، به‌روشنی می‌توان ارزش و مفهوم رمزی عمیق در این حقیقت تاریخی را دریافت که اولین خطاب خداوند متعال به پیامبر گرامی اسلام (ص) این است که «بخوان!» و در اولین

۱. پیام مقام معظم رهبری به مناسبت آغاز هفته کتاب ۷۲/۱۰/۴

سوره‌ای که بر آن فرستاده‌ی عظیم‌الشان خداوند، فرود آمده، نام «قلم» به تجلیل یاد شده‌است: «اقْرَأْ وَ رَبُّكَ الْأَكْرَمُ. الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ» در اهمیت عنصر کتاب برای تکامل جامعه‌ی انسانی، همین بس که تمامی ادیان آسمانی و رجال بزرگ تاریخ بشری، از طریق کتاب جاودانه مانده‌اند.

دانشگاه پیام‌نور با گستره‌ی جغرافیایی ایران‌شمول خود با هدف آموزش برای همه، همه‌جا و همه‌وقت، به‌عنوان دانشگاهی کتاب‌محور در نظام آموزش عالی کشورمان، افتخار دارد جایگاه اندیشه‌سازی و خردورزی بخش عظیمی از جوانان جویای علم این مرز و بوم باشد. تلاش فراوانی در ایام طولانی فعالیت این دانشگاه انجام پذیرفته تا با بهره‌گیری از تجربه‌های گرانقدر استادان و صاحب‌نظران برجسته کشورمان، کتاب‌ها و منابع آموزشی درسی شاخص و خودآموز تولید شود. در آینده هم، این مهم با هدف ارتقای سطح علمی، روزآمدی و توجه بیشتر به نیازهای مخاطبان دانشگاه پیام‌نور با جدیت ادامه خواهد داشت. به‌طور قطع استفاده از نظرات استادان، صاحب‌نظران و دانشجویان محترم، ما را در انجام این وظیفه‌ی مهم و خطیر یاری‌رسان خواهد بود. پیشاپیش از تمامی عزیزانی که با نقد، تصحیح و پیشنهادهای خود ما را در انجام این وظیفه‌ی خطیر یاری می‌رسانند، سپاسگزاری می‌نماییم. لازم است از تمامی اندیشمندانی که تاکنون دانشگاه پیام‌نور را منزلگاه اندیشه‌سازی خود دانسته و ما را در تولید کتاب و محتوای آموزشی درسی یاری نموده‌اند، صمیمانه قدردانی گردد. موفقیت و بهروزی تمامی دانشجویان و دانش‌پژوهان عزیز آرزوی همیشگی ما است.

دانشگاه پیام‌نور

فهرست مطالب

نه	پیشگفتار
۱	فصل اول: نمونه هوا
۱	هدف کلی
۱	هدف‌های یادگیری
۱	مقدمه
۲	۱-۱ نمونه هوا
۳	۲-۱ حجم نمونه
۳	۳-۱ وسایل نمونه‌برداری
۳	۴-۱ تعداد نمونه
۳	۵-۱ تقسیم‌بندی آلاینده‌های شیمیایی بر مبنای حالت فیزیکی
۵	۶-۱ خصوصیات نمونه هوا
۵	۷-۱ هدف‌های نمونه‌برداری
۵	۸-۱ ویژگی‌های محل نمونه‌برداری
۶	۹-۱ ویژگی‌های ابزار و وسایل اندازه‌گیری
۷	۱۰-۱ انواع نمونه‌برداری
۹	۱۱-۱ انواع روش‌های نمونه‌برداری گازها
۹	۱-۱۱-۱ جذب سطحی
۹	۲-۱۱-۱ جذب در مایع
۹	۳-۱۱-۱ چگالش
۱۰	۴-۱۱-۱ نمونه‌برداری گرب
۱۰	۵-۱۱-۱ صافی‌های آغشته
۱۰	۱۲-۱ روش‌های نمونه‌برداری و تعیین غلظت گازهای مختلف موجود در هوا
۱۱	۱-۱۲-۱ روش‌های آزمایشگاهی
۱۶	۲-۱۲-۱ روش‌های قرائت مستقیم

۲۰	۱-۱۳ نمونه برداری در منبع
۲۱	۱-۱۳-۱ نمونه برداری گازها در منبع
۲۴	۱-۱۳-۲ نمونه برداری ذرات در منبع
۲۵	۱-۱۴ وسایل و تجهیزات نمونه برداری ذرات
۲۵	۱-۱۴-۱ وسایل و روش سنتی نمونه برداری ذرات
۳۳	۱-۱۴-۲ سنجش ذرات به روش قرائت مستقیم
۳۴	۱-۱۴-۳ روش اختصاصی برای کوچک ترین ذرات
۳۴	خلاصه فصل اول
۳۵	خودآزمایی چهارگزینه ای فصل اول
۳۷	فصل دوم: ابزارهای اندازه گیری آلاینده ها
۳۷	هدف کلی
۳۷	هدف های یادگیری
۳۷	مقدمه
۳۷	۲-۱ تکنیک های مختلف جداسازی و اندازه گیری مواد
۳۹	۲-۲ روش های نوری
۴۰	۲-۲-۱ تکنیک اسپکتروسکوپی
۴۱	۲-۲-۲ اسپکتروسکوپی اتمی
۴۲	۲-۲-۳ نشر اتمی
۴۳	۲-۲-۴ کروماتوگرافی
۴۴	خلاصه فصل دوم
۴۵	خودآزمایی چهارگزینه ای فصل دوم
۴۷	فصل سوم: آلودگی آب و فاضلاب
۴۷	هدف کلی
۴۷	هدف های یادگیری
۴۷	مقدمه
۴۸	۳-۱ ویژگی های فیزیکی و شیمیایی آب
۴۹	۳-۲ نمونه گیری آب
۵۰	۳-۲-۱ روش های نمونه گیری آب
۵۴	۳-۳ نمونه گیری از پساب ها
۵۴	۳-۳-۱ تعاریف
۵۵	۳-۳-۲ وسایل نمونه برداری
۵۸	۳-۳-۳ روش انجام نمونه برداری
۶۰	۳-۳-۴ تکرار و زمان بندی نمونه برداری
۶۱	۳-۳-۵ انتخاب روش نمونه برداری
۶۳	۳-۳-۶ حفاظت، جابه جایی و نگهداری نمونه

۶۳	۷-۳-۳ جنبه‌های ایمنی نمونه‌برداری
۶۵	۴-۳ آزمون سختی آب
۶۶	۵-۳ اندازه‌گیری میزان کلسیم و منیزیم در آب
۶۷	۶-۳ اندازه‌گیری هدایت الکتریکی آب
۶۹	۷-۳ اندازه‌گیری میزان اکسیژن محلول در آب
۷۰	۸-۳ اندازه‌گیری جامدات در آب و فاضلاب
۷۶	۹-۳ اندازه‌گیری تقاضای بیولوژیکی و شیمیایی آب
۷۸	۱۰-۳ اندازه‌گیری مواد جامد معلق
۸۱	۱۱-۳ اندازه‌گیری رنگ آب
۸۴	۱۲-۳ اندازه‌گیری کدورت آب
۸۵	۱۳-۳ اندازه‌گیری روغن و گریس و هیدروکربن‌های نفتی موجود در آب و فاضلاب
۹۱	۱۴-۳ اندازه‌گیری نیتрат در آب و فاضلاب
۹۲	۱۵-۳ اندازه‌گیری نیتريت
۹۳	۱۶-۳ اندازه‌گیری آمونیم به‌روش پتانسیومتری با استفاده از الکتروود حساس به آمونیاک
۹۳	۱۷-۳ اندازه‌گیری یون سولفات در آب و فاضلاب
۹۴	۱۸-۳ اندازه‌گیری کربن آلی کل
۹۵	۱۹-۳ اندازه‌گیری یون فلزات در آب و فاضلاب از طریق اسپکتروفتومتری جذب اتمی
۹۶	۲۰-۳ اندازه‌گیری فلز جیوه در آب و فاضلاب
۹۷	۲۱-۳ اندازه‌گیری سیلیس در آب و فاضلاب
۹۹	۲۲-۳ اندازه‌گیری یون کلرید در آب و فاضلاب
۱۰۰	۲۳-۳ اندازه‌گیری فلوئور در آب و فاضلاب
۱۰۰	۲۴-۳ اندازه‌گیری توتال کلی فرم در آب و فاضلاب
۱۰۱	۲۵-۳ شمارش میکروارگانیزم‌ها در آب و فاضلاب با استفاده از روش کشت
۱۰۲	خلاصه فصل سوم
۱۰۳	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل سوم
۱۰۵	فصل چهارم: آلودگی خاک
۱۰۵	هدف کلی
۱۰۵	هدف‌های یادگیری
۱۰۵	مقدمه
۱۰۶	۱-۴ نمونه‌برداری از خاک
۱۰۹	۲-۴ اندازه‌گیری نیترات در آب و خاک
۱۱۰	۳-۴ اندازه‌گیری فسفات
۱۱۲	۴-۴ اندازه‌گیری گوگرد
۱۱۵	۵-۴ اندازه‌گیری آهن، روی، مس و منگنز
۱۱۵	خلاصه فصل چهارم
۱۱۵	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل چهارم

۱۱۷	فصل پنجم: مواد زائد جامد
۱۱۷	هدف کلی
۱۱۷	هدف‌های یادگیری
۱۱۷	مقدمه
۱۱۸	۵-۱ نمونه‌برداری از موادزائد جامد
۱۱۹	۵-۱-۱ نحوه برداشت نمونه
۱۱۹	۵-۱-۲ تجهیزات برداشت نمونه
۱۲۰	۵-۱-۳ نگهداری و انتقال نمونه‌ها
۱۲۲	خلاصه فصل پنجم
۱۲۳	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل پنجم
۱۲۵	فصل ششم: ارزیابی آلودگی
۱۲۵	هدف کلی
۱۲۵	هدف‌های یادگیری
۱۲۵	مقدمه
۱۲۶	۶-۱ شاخص‌های ارزیابی آلودگی
۱۲۶	۶-۱-۱ شاخص‌های منفرد آلودگی
۱۳۲	۶-۱-۲ شاخص‌های تجمعی آلودگی
۱۳۶	۶-۲ جذب و واجذب
۱۳۷	خلاصه فصل ششم
۱۳۷	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل ششم
۱۳۹	پاسخنامه
۱۴۱	منابع

پیشگفتار

در مباحث زیست محیطی از یک طرف و موضوعات بهداشتی از طرف دیگر، انواع آلودگی‌ها شامل هوا، آب، خاک و پسماند در جنبه‌های مختلف خود شامل اثرات زیان‌آور بر سلامتی انسان‌ها، جانوران و گیاهان و اثرات مخرب بر محیط زیست مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. علاوه بر جنبه‌های فوق، بحث آلودگی‌ها از دیدگاه اقتصادی و تبعات ناشی از آن‌ها هم موضوعی است که امروزه در دنیا جایگاه ویژه‌ای یافته و اطلاع از میزان دقیق حضور آلاینده‌های مختلف در محیط زیست می‌تواند کمک زیادی در ارتباط با تفسیر مشکلات ناشی از حضور آلاینده‌ها و همچنین ارائه راهکارهای مفید و مقرون به صرفه را فراهم آورد.

در کتاب حاضر ابتدا سعی شده است تا خواننده با روش‌های مختلف نمونه‌برداری‌های استاندارد از محیط‌های مختلف آشنا شود و سپس روش‌های مختلف اندازه‌گیری آلاینده‌ها را در هوا، آب، خاک و پسماند بررسی نماید.

پرواضح است با توجه به اینکه کتاب برای دانشجویان رشته محیط زیست تألیف شده است اولاً فرض بر آن است که دانشجویان با اصطلاحات اصلی محیط زیست آشنا هستند گرچه در بحث اندازه‌گیری و ارزشیابی مباحث پایه‌ای بیان شده است و ثانیاً به دلیل گستردگی مطالب مربوطه از بیان کلیه روش‌های اندازه‌گیری از ابتدا تاکنون جلوگیری شده است.

باشد تا با کمک باسوادان زیست محیطی گامی هرچند ناچیز در جهت اعتلای فرهنگ جامعه و همچنین ارتقای سطح علمی دانشجویان رشته محیط زیست برداریم.

مؤلفان

فصل اول

نمونه هوا

هدف کلی

آشنایی با نمونه هوا و ویژگی‌های آن و چگونگی نمونه‌برداری از هوا در شرایط مختلف است.

هدف‌های یادگیری

پس از مطالعه این فصل از دانشجو انتظار می‌رود:

۱. با اصطلاحات نمونه‌برداری هوا آشنا شود.
۲. با انواع آلاینده‌های هوا آشنا شود.
۳. با ابزار و وسایل نمونه‌برداری از هوا آشنا شود.
۴. با روش‌های اندازه‌گیری و سنجش آلاینده‌های هوا به تفکیک حالت‌های مختلف آلاینده‌ها اعم از گازی و ذرات آشنا شود.

مقدمه

هوا، آب و خاک جزو اجزای محیط زیست هستند و آلودگی در هر جزء را آلودگی آن جزء گویند. آلودگی هوا زودتر تشخیص داده می‌شود چون ارتباط انسان با هوا مستقیم است. آلودگی آب نیز عموماً ارتباط مستقیمی با انسان دارد درحالی‌که آلودگی خاک به دلیل پیچیدگی خاک و ارتباط عموماً غیرمستقیم انسان با خاک، دیرتر تشخیص داده می‌شود و پالایش آلودگی در خاک سخت‌تر از آب و هوا است.

تغییر مستقیم و یا غیرمستقیم ویژگی‌های محیط‌زیست به‌طوری‌که حیات موجودات زنده به‌هر نحوی تهدید شود و یا از شرایط مناسب خارج شود و یا توزیع نامتوازن ماده و انرژی در بین و درون اجزای تشکیل‌دهنده محیط‌زیست.

در متون قدیمی واژه Pollution را به آلودگی‌های خطرناک می‌گفتند که خطر آن‌ها بالفعل است ولی کلمه Contamination را به آلودگی‌های بالقوه می‌گفتند.

تقسیم‌بندی آلودگی براساس محیط انتقال عبارت‌اند از آلودگی هوا، خاک و آب (هوا در مقایسه با خاک محیط ساده‌تری است و خاک یک محیط چندفازی و چندماده‌ای است، بنابراین بررسی آلودگی در خاک بسیار پیچیده است).

تقسیم‌بندی آلودگی براساس منشأ آلودگی: عبارت‌اند از صنعتی، شهری، کشاورزی یا روستایی. آلودگی صنعتی عموماً خطرناک‌ بوده ولی آلودگی آن به‌صورت نقطه‌ای^۱ است و کنترل آن به شرط تشخیص راحت‌تر است. آلودگی فاضلاب‌ها نیز نقطه‌ای است. آلودگی کود شیمیایی یک آلودگی مقیاس وسیع است ولی عموماً خطرات کمتری از آلودگی صنعتی دارد. آلودگی‌ها براساس ماهیت آلاینده عبارت‌اند از:

آلودگی فیزیکی: مانند گرم‌شدن هوا در اثر گازهای گلخانه‌ای، پساب‌ها و تراکم خاک

آلودگی بیولوژیکی: زبانه‌های عفونی بیمارستان‌ها، آلودگی‌های انگلی

آلودگی شیمیایی: باران اسیدی

برخی آلودگی‌ها طبیعی و ژئوژنیک هستند مانند معادن مس. ولی برخی آلودگی‌ها

انسان پدید هستند.

۱-۱ نمونه هوا

نمونه هوا عبارت‌است از مقداری از هوای یک محل که تراکم آلاینده موجود در آن برابر میانگین تراکم آلاینده درمجموع هوایی باشد که نمونه از آن انتخاب شده است. نمونه‌برداری از هوا و تجزیه نمونه گرفته‌شده اساس مبارزه با آلودگی هوا و بهبود کیفیت هوای محیط دانسته می‌شود.

۱-۲ حجم نمونه

حجم هوای نمونه برداری شده از چندلیتر (هنگامی که تراکم آلاینده زیاد باشد) تا چندین مترمکعب (هنگامی که تراکم آلاینده کم باشد) تغییر می کند. میزان حجم هوای نمونه برداری شده به عوامل زیر بستگی دارد:

- حساسیت روش آزمایش
- حد آستانه مجاز آلاینده (TLV^۱)
- تراکم تقریبی آلاینده در هوا

۱-۳ وسائل نمونه برداری

انتخاب وسیله نمونه برداری به عوامل زیر بستگی دارد:

- قابل حمل بودن و آسانی استفاده
- کارایی وسیله
- قابلیت اعتماد وسیله تحت شرایط گوناگون کار
- روش تجزیه شیمیایی
- نوع اطلاعات مورد نیاز
- دردسترس بودن وسیله

۱-۴ تعداد نمونه

تعداد نمونه برای تعیین میزان تماس کارگران با آلودگی های هوای محیط کار معمولاً به تراکم آلاینده بستگی دارد. اگر تراکم آلاینده زیاد باشد یک نمونه کافی است و اگر نزدیک به حد آستانه مجاز است دست کم سه تا پنج نمونه نیاز است تا معلوم شود برای یک کار خاص و یک چرخه عملیات صنعتی معین، کارگر تا چه حد با آلاینده در تماس است.

۱-۵ تقسیم بندی آلاینده های شیمیایی بر مبنای حالت فیزیکی

گاز: موادی با دانسیته و ویسکوزیته پایین که در شرایط معمول محیطی دمای ۲۵ درجه و فشار یک اتمسفر بالای درجه حرارت بحرانی قرار دارند و به طور یکنواخت در محیط

پراکنده می‌شوند و غلظت آن‌ها اغلب برحسب قسمت در میلیون^۱ بیان می‌شود. مانند هلیوم، منوکسیدکربن، دی‌اکسیدکربن، فرمالدئید، اتیلن اکساید.

گازها می‌توانند دارای رنگ باشند مانند کلر (سبز رنگ)، اکسید نیتروژن (خرمایی رنگ) و... یا بیرنگ باشند. برخی دارای بو هستند مانند فرمالدئید، برخی بی‌بو مانند منوکسیدکربن.

بخار: اگر فشار بخار یک مایع بیشتر از فشار اتمسفری بخار شود از سطح مایع و یا مستقیماً از سطح جامد وارد اتمسفر می‌شود. ترکیبات فرار فشار بخار بیشتر از یک میلی‌متر جیوه دارند.

مواد ذره‌ای: شامل اجزای ریز مواد جامد یا مایع مانند گردوغبار^۲، فیوم^۳، میست^۴، فاگ^۵، دود، دوده، که اگر در فاز گازی هوا قرار گیرند به آن‌ها اصطلاح آئروسول^۶ اطلاق می‌شود. سمیت این مواد به‌اندازه، شکل، ساختار شیمیایی و ترکیب آن‌ها ربط دارد و برحسب میلی‌گرم بر مترمکعب یا میکروگرم بر مترمکعب بیان می‌شوند. درخصوص حلالیت، نمک‌های معدنی، سرب، سولفید سرب، و اکسیدهای آن کم محلول هستند در صورتی‌که نیتрат، کلرات، کربنات و منوکسیدسرب به‌سرعت در مجاری بینی جذب می‌شوند.

گردوغبار: از ابعاد ۰/۱ میکرون تا ۴۰۰ میکرون وجود دارد. به دو صورت پلی‌دیسپرس^۷ با منشأ مکانیکی و منودیسپرس^۸ ناشی از واکنش شیمیایی می‌تواند در محیط پراکنده شود.

اسموگ^۹: ترکیبی از هیدروکربن‌ها با اکسیدنیتروژن، گوگرد و آب در حضور اشعه ماورای بنفش بوده و جزء آلاینده‌های زیست‌محیطی است.

فیوم: محصول فرایندهایی با انرژی کافی نظیر احتراق، تقطیر، کشته‌سازی یا کلسیناسیون^{۱۰}، تغلیظ یا کندانه‌شدن^{۱۱}، تصعید و واکنش شیمیایی است و قطری معادل ۱-۰/۰۰۱ میکرون دارد.

1. Part Per Million

2. Dust

3. Fume

4. Mist

5. Fog

6. Aerosol

7. Poly Disperse

8. Mono-disperse

9. Smog

10. Calcination

11. Condensation

میست: قطرات کروی که در اثر تغلیظ یا کندانه شدن یا در اثر انتشار به روش های اسپری، تمایز می شوند قطری معادل ۱۰-۰/۱ میکرون دارند را میست می گویند مانند آبکاری ها، میست آب صابون و میست روغن.

دود: مخلوط پیچیده ای از ذرات جامد، مایع، گاز و بخار است. ابعاد ۱-۰/۱ میکرون داشته و در اثر احتراق ناقص زغال سنگ، چوب، سیگار و... تولید می شود.

۱-۶ خصوصیات نمونه هوا

- غلظت مواد شیمیایی موجود در نمونه معادل غلظت مواد در هوای محل نمونه برداری باشد.
- دانسیته آن معادل دانسیته هوای محل نمونه برداری باشد.
- بدون ایجاد تغییر در شرایط طبیعی فرایند تولید جمع آوری شود.
- از زمان جمع آوری تا آنالیز دچار تغییرات فیزیکی و شیمیایی نشود.

۱-۷ هدف های نمونه برداری

- ارزیابی کیفیت هوا و تعیین حداکثر آلودگی
- بررسی اثر بر سلامت انسان و گیاهان
- مطالعه روند تغییرات آلودگی
- ارزیابی کاهش آلودگی مثل اثر اقدامات انجام شده برای کنترل
- برقراری استانداردهای کیفیت هوا با توجه به تأثیر مربوطه
- اجرای قوانین و مقررات کنترلی
- تهیه راهبرد کنترل آلودگی هوا
- فعال کردن سیستم های هشداردهنده برای مواقع بحران
- کاربری زمین / حمل و نقل و برنامه ریزی سیستم های تأمین انرژی
- ارزیابی زمینه آلودگی
- مطالعه شیمی هوا

۱-۸ ویژگی های محل نمونه برداری

- مکان گرفتن نمونه هوا نباید بیش از ۱۰ متر از سطح زمین فاصله داشته باشد و تا حد امکان بهتر است کمتر از پنج متر باشد.

- مکان پایش باید نسبت به ساختمان‌های اطراف باز باشد.
- مکان پایش باید جایی باشد که مردم وقت زیادی را در آنجا می‌گذرانند.
- مکان گرفتن نمونه هوا نباید مسقف و یا زیر درخت یا بالکن و... باشد.
- در فاصله ۵۰ متری از مکان گرفتن نمونه هوا نباید یک منبع عمده تولید آلودگی مثل پارکینگ وجود داشته باشد.
- مکان گرفتن نمونه باید از جاهایی چون پمپ بنزین و محل تهویه ساختمان‌ها دست‌کم ۲۰ متر فاصله داشته باشد.
- مکان گرفتن نمونه نباید درجایی باشد که در فاصله پنج‌متری آن خودروهای روشن درحال توقف باشند.
- مکان گرفتن نمونه باید در فاصله ۳۰ متری یک جاده پرتراфик (۳۰ هزار خودرو در روز) و در فاصله ۲۰ متری خیابان با تراфик متوسط و ۱۰ متری خیابان با کمتر از ۱۰ هزار خودرو در روز باشد.
- امکان حمل و نقل تجهیزات و رفت و آمد کارکنان فراهم باشد.

۹-۱ ویژگی‌های ابزار و وسایل اندازه‌گیری

وسيله و روش باید باتوجه به‌هدف و تفسیری که از اندازه‌گیری می‌شود انتخاب شود. چنانچه هدف چگونگی تأثیر ذرات بر سلامتی انسان باشد چون بیشترین اثر را ذرات زیر ۱۰ میکرون دارند استفاده از وسیله‌ای که هم قطر و هم غلظت را تعیین کند مهم است. برای اتاق‌های پاک تعداد ذره در اندازه‌های مختلف لازم است. در مورد گازها غلظت اهمیت زیادی دارد.

حجم نمونه نیز در اندازه‌گیری آلاینده‌ها مهم است. اگر نمونه‌برداری روی صافی برای شمارش و تعیین قطر با روش میکروسکوپی باشد نباید آن‌قدر ذره روی صافی رسوب کند که نتوان آن‌ها را شمارش و قطر را تعیین کرد و چنانچه وزن کل ذرات موردنظر باشد باتوجه به‌میزان آلودگی حجم نمونه روی صافی یا وسیله دیگر نباید آنقدر کم باشد که با حساسیت ترازو سنجیده نشود و یا آن‌قدر زیاد نباشد که لایه تشکیل‌شده از روی صافی کنده شود و همراه جریان از وسیله خارج شود و پاسخ نادرست به‌دست آید. دراین ارتباط نیاز به تعیین حداقل حجم نمونه و زمان نمونه‌برداری است.

$$10 \times \text{حساسیت روش سنجش} = \frac{\text{غلظت استاندارد}}{\text{حداقل نمونه}}$$

$$\text{حساسیت روش سنجش} = 10 \times \frac{\text{غلظت استاندارد} \times \text{هواگذر دستگاه}}{\text{حداقل زمان نمونه برداری}}$$

۱-۱۰ انواع نمونه برداری

- نمونه برداری سستی؛ در نمونه برداری سستی هوای حامل آلاینده از یک نازل وارد لوله ورودی شده و سپس آلاینده مورد نظر در یک جمع آورنده که باتوجه به نوع آلاینده، جاذب مخصوص در آن ریخته شده است از جریان هوا خارج و در آن تغلیظ می شود و برای آزمایش های بعدی مورد استفاده قرار می گیرد. در صورت نیاز در جمع آورنده یک کندانسور برای جذب رطوبت قرار می گیرد. حجم هوای خروجی از جمع آورنده به کمک یکی از انواع گازسنج اندازه گیری می شود و در انتها یک پمپ مکنده جریان هوا را برقرار می کند. مجموعه این سیستم هم برای هوای آزاد و هم دودکش قابل استفاده است.
- نمونه برداری مدرن؛ این تجهیزات ضمن اینکه بعضی از اجزای روش سستی را دارند، به وسیله آشکارسازهای مختلف الکتروشیمیایی، نوری و... غلظت آلاینده ها را، گاه چند آلاینده به طور هم زمان، نشان می دهند و بیشتر از وسایل و تجهیزات قرائت مستقیم با برد حساسیت های مختلف برای هوای آزاد محیط کار و منابع تولید آلودگی هوا استفاده می شود. این گروه وسایل گران و برای هوای آزاد اغلب غیر قابل حمل هستند بنابراین کاربرد آن ها در همه جا امکان پذیر نیست.
- نمونه برداری بدون نیروی محرکه؛ الف) گازها؛ همان نمونه برداری گاز با استفاده از شمع پراکسیدسرب است.
متداول ترین گازی که با این روش اندازه گیری می شود دی اکسید گوگرد است. در این روش خمیر پراکسیدسرب روی پارچه پهن شده و آن پارچه دور یک میله معمولاً سرامیکی پیچیده می شود و یا آنکه این خمیر کف یک ظرف مالیده می شود و به طور افقی در معرض هوا قرار می گیرد. دی اکسید گوگرد موجود در هوا در اثر تماس با پراکسیدسرب به سولفات تبدیل و با اندازه گیری سولفات تولید شده، مقدار دی اکسید گوگرد بر حسب میلی گرم در روز در ۱۰۰ سانتی متر مربع تعیین می شود.

ب) ذرات؛ بدین معنی که در این روش ذراتی که با وزن خود رسوب می‌کنند، در ظرفی جمع‌آوری و اندازه‌گیری می‌شوند. این وسیله شامل یک ظرف کمابیش مخروطی از جنس شیشه یا پلاستیک برای ورود ذرات و معمولاً یک بطری شیشه‌ای بزرگ در زیر آن برای جمع‌آوری آب باران است. ظرف ورودی ۳۱۵ میلی‌متر قطر و ۱۰۵ میلی‌متر عمق دارد که در وسط به ۱۸۰ میلی‌متر می‌رسد. این نمونه‌بردار مدت یک‌ماه در محل موردنظر قرار می‌گیرد و پس از آن ذرات جمع‌آوری‌شده در ظرف و یا بطری شیشه‌ای بادقت به‌روش‌های متداول از نظر مواد جامد محلول، غیرمحلول و در صورت نیاز، ترکیب شیمیایی مورد آزمایش قرار می‌گیرند. قبل از انتقال ذرات از نمونه‌بردار، حشرات، برگ گیاهان و سایر موادی که به‌وسیله باد در ظرف ریخته شده‌اند باید جمع‌آوری شوند.

در هر صورت رعایت نکات زیر در نمونه‌برداری گازها ضروری است:

- ایجاد جریان متلاطم و اختلاط کامل به‌منظور ایجاد یکنواختی کامل آلاینده‌های منتشره در هوا.
- به‌منظور جلوگیری از واکنش بین گازها (چون گازهای موجود در هوا بسیار واکنش پذیرند) اجزای نمونه‌برداری باید طوری انتخاب شوند که وارد واکنش با گاز آلاینده موردنظر نشوند.
- هوای نمونه را باید پیش از ورود به جمع‌آورنده گاز از صافی مناسب گذرانند چراکه ذرات معلق هوا معمولاً در آنالیز بعدی گازها مداخله می‌کنند.
- باید احتیاط‌های لازم در مورد نشت گاز به خارج یا مکش هوا به داخل سیستم نمونه‌برداری به‌ویژه در نمونه‌های جمع‌آوری‌شده در کیسه یا بطری به‌کار برده شود.
- برای جلوگیری از انجام واکنش فتوشیمیایی گازها، بایستی از تأثیر مستقیم نور خورشید جلوگیری شود.
- باید توجه شود که هوای خروجی از پمپ مکند در گردش مجدد نمونه‌برداری قرار نگیرد و فقط هوای تازه وارد نمونه‌برداری شود.
- در تمام موارد دما، رطوبت نسبی و فشار هوا برای محاسبات و تصحیح حجم هوای نمونه‌برداری‌شده لازم است که باید اندازه‌گیری شود.

۱-۱۱ انواع روش‌های نمونه‌برداری گازها

۱-۱۱-۱ جذب سطحی

در جذب سطحی مولکول‌های گاز به وسیله جاذبه بین مولکولی بر سطح یک ماده جامد می‌مانند. در حالت تعادل، گاز جمع شده بر سطح فاز جمع آورنده گاز (جاذب) متناسب با نیروی مثبت فشار جزئی گاز است. به علاوه از آنجا که جذب سطحی یک پدیده در سطح است با سطح نسبی ماده جاذب نیز رابطه مستقیم دارد. از جاذب‌های مهم کربن فعال، کربن گرانول (جی سی)، سیلیکاژل و آلومینا هستند. هر گرم سیلیکاژل بین ۲۰۰ تا ۶۰۰ مترمربع و هر گرم کربن فعال ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ مترمربع سطح جاذب دارد. در حرارت کم، جذب سطحی بهتر انجام می‌گیرد.

۱-۱۱-۲ جذب در مایع

جذب گاز توسط مایع از طریق حل شدن، جذب عمقی نام دارد. مقدار جذب در یک مایع با فشار جزئی تعادل بر روی محلول جاذب رابطه مستقیم دارد. ایجاد واکنش غیرقابل برگشت بین گاز با یک مایع و همچنین افزایش سطح تماس ماده جاذب در افزایش بازده جذب تأثیر زیادی دارد. در نتیجه وسایل مورد استفاده بدین منظور طوری طراحی شده‌اند که با خرد کردن حباب‌های هوا سطح تماس را افزایش دهند. حرارت در میزان جذب عمقی (مانند جذب سطحی) مؤثر است.

۱-۱۱-۳ چگالش

این روش فقط زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که نتوان با روش‌های دیگر گاز را برای آزمایش جمع‌آوری کرد. چگالش یک گاز آلاینده هوا با سرد کردن آن در کمتر از درجه جوش یا انجماد صورت می‌گیرد. برای این کار انواع سردکننده‌ها (با دمای لازم برای ترکیبات مختلف) وجود دارند. دمایی که در وسیله چگالش یک گاز به کار می‌رود باید توان لازم برای چگالش مقدار کافی از گاز را با کاهش فشار بخار آن به کمتر از $1/33$ میلی‌بار داشته باشد.

۱۱-۱-۴ نمونه‌برداری گرب^۱

در این روش مقداری از هوای موردنظر به‌طور مستقیم در یک ظرف غیرقابل نفوذ جمع‌آوری و برای اقدامات بعدی به آزمایشگاه ارسال می‌شود. بدیهی است این نمونه فقط برای مواردی است که یک روش حساس آزمایشی برای آن‌ها وجود داشته باشد و از آنجاکه آلاینده در نمونه هوا تعلیق نشده است نسبت به نشت نیز حساس است. بسیاری وسایل مثل بطری خلاء، سرنگ و کیسه‌های پلاستیکی برای این منظور مورد استفاده قرار گرفته‌اند. ظرفی که برای پرکردن هوا مورد استفاده قرار می‌گیرد باید برای گاز موردنظر واکنش‌پذیر نباشد.

۱۱-۱-۵ صافی‌های آغشته

در این روش، نمونه‌برداری گاز آلاینده به‌وسیله صافی‌های آغشته‌شده به ماده شیمیایی انجام می‌گیرد. گاز موجود در هوا ضمن عبور از صافی، با ماده شیمیایی مخصوص آن گاز واکنش می‌دهد و در صافی جمع می‌شود. آلاینده یا آلاینده‌های جذب‌شده روی صافی به‌وسیله یک حلال مثل آب یا حلال‌های دیگر استخراج و برای آزمایش با یک روش مناسب به کار برده می‌شوند. یکی از محدودیت‌های صافی ظرفیت آن است که حد مشخصی از گاز را با توجه به ماده شیمیایی روی صافی، جذب می‌کند. اگر نمونه‌برداری بیش از آن انجام گیرد گاز آلاینده جذب نمی‌شود و در محاسبات غلظت آن کمتر از مقدار واقعی نشان داده می‌شود.

روش صافی آغشته برای گازها و بخارات زیادی مثل اسیدکلریدریک، آمونیاک، هیدروژن سولفور، فلوراید گازی، اسیدنیتریک و اسیدهای نیتروژن استفاده شده است. برخی محققین صافی آغشته به سود ۰/۲ نرمال را برای نمونه‌برداری فلوراید هوا به کار برده‌اند.

۱۱-۲ روش‌های نمونه‌برداری و تعیین غلظت گازهای مختلف موجود در هوا

در اینجا روش‌های نمونه‌برداری و تعیین غلظت گازهای مختلف موجود در هوا به تفکیک بررسی می‌شود.

۱-۱۲-۱ روش‌های آزمایشگاهی

• **دی‌اکسیدنیتروژن:** روش استاندارد واکنش گریس سالتزمن؛ برای تعیین غلظت از ۴ تا ۱۰۰۰۰ میکروگرم در مترمکعب ($0/002$ تا 5 پی پی ام) استفاده می‌شود و بهتر است آزمایش و تعیین مقدار حداکثر تا سه ساعت بعد از نمونه‌برداری انجام گیرد. به علاوه مدت نمونه‌برداری حداکثر ۶۰ دقیقه با جریان $0/4$ لیتر در دقیقه بوده و مواد مداخله‌کننده مثل SO_2 تا ده برابر غلظت NO_2 و یا ازن تا پنج برابر تأثیر مهمی در اندازه‌گیری ندارند.

• دی‌اکسیدگوگرد:

الف) روش استاندارد وست گیکی^۱؛ با این روش غلظت دی‌اکسیدگوگرد از ۲۵ میکروگرم در مترمکعب هوا ($0/01$ پی پی ام) تا ۱۰۰۰ میکروگرم در مترمکعب ($0/4$ پی پی ام) اندازه‌گیری می‌شود. مدت نمونه‌برداری می‌تواند بین ۱ تا ۲۴ ساعت باشد.

در این روش دی‌اکسیدگوگرد در سیستم نمونه‌برداری با ماده جاذب تترا کلرومرکورات^۲ (TCM) واکنش داده و دی‌کلرو مرکوری سولفونات^۳ تشکیل می‌دهد. به این محلول EDTA^۴ اضافه می‌شود تا با فلزات سنگین که ممکن است ایجاد مزاحمت کند کمپلکس تشکیل دهد. وقتی دی‌کلرومرکوری سولفونات تشکیل شد در برابر اکسیدان‌ها مثل ازن یا دی‌اکسیدنیتروژن پایدار است. برای از بین بردن یون نیتрат، سولفامیک اسید به محلول اضافه می‌شود و سپس فرمالدئید زده شود و پاراروانیلین^۵ بی‌رنگ شده توسط اسید که محتوی اسیدفسفریک برای کنترل pH است اضافه می‌شود. روش نمونه‌برداری؛ برای نمونه یک ساعته، 10 میلی لیتر TCM را در یک گازشوی میدجت^۶ ریخته و در مدار نمونه‌برداری قرار می‌گیرد. با سرعت کمایش $0/5$ لیتر در دقیقه برای مدت یک ساعت نمونه‌برداری کرده و برای سنجش هوا از اوریفیس پلیت^۷ محدودکننده و یا روتارومتر استفاده شود. محلول جاذب از نورمستقیم آفتاب محافظت شود.

1. West-Gaeke

2. Tetrachloromercurate

3. Dichloromercurisulfonate

4. Ethylenediaminetetraacetic acid

5. Pararosaniline

6. Midget

7. Orifice Plate

برای نمونه ۲۴ ساعته، ۵۰ میلی‌لیتر محلول جاذب TCM را در گازشوی ریخته و با سرعت ۰/۲ لیتر در دقیقه مدت ۲۴ ساعت نمونه‌برداری ادامه یابد.

در حمل نمونه به آزمایشگاه، دمای آن باید زیر ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگه داشته و از نور مستقیم محافظت شود. اگر در حرارت کم نگهداری شود تا ۳۰ روز پایدار می‌ماند و مقدار قابل سنجش SO_2 از دست نمی‌رود.

این روش برای غلظت‌های حدود ۰/۰۱ تا ۱۰ قسمت در میلیون (پی پی ام) مناسب است. وجود گازهای اسیدهای قوی به‌غیر از دی‌اکسیدگوگرد و اسیدهای دیگر مانند اسیدکلریدریک، دی‌اکسیدنیتروژن و سایر گازهای اسیدی در هوا، نتایج آزمایش را بیشتر و همین‌طور وجود مواد قلیایی مانند آمونیاک و اکسیدکلسیم نتایج آزمایش را کمتر از مقدار واقعی نشان می‌دهد.

ذرات اسیدسولفوریک موجود در هوا به‌علت قطر کم جذب نمی‌شوند و همراه هوا خارج می‌شوند و فقط در مواقعی مداخله می‌کنند که رطوبت هوا بیشتر از ۸۵ درصد و یا قطر ذرات آن‌ها بیش از یک میکرون باشد.

ترکیباتی چون CO_2 ، CH_3SH ، H_2S و ازن دخالت محسوسی در روش بالا ندارند. رطوبت نسبی نیز تأثیر چندانی بر جمع‌آوری دی‌اکسیدگوگرد ندارد. در صورتی که رطوبت نسبی صددرد و غلظت دی‌اکسیدگوگرد در هوا حدود ۱۷۴-۵۰ میکروگرم در مترمکعب باشد، از فیلترهایی با جنس پلی‌تترافلورواتیلن (PTFE) با خلل و فرج پنج میکرومتری استفاده می‌شود که در این حالت بازده جمع‌آوری دی‌اکسیدگوگرد به حدود ۹۲-۹۵ درصد می‌رسد. تأثیر درجه حرارت بر جمع‌آوری دی‌اکسیدگوگرد نیز قابل چشم‌پوشی کردن است. در دامنه درجه حرارت‌های ۴۰-۵ درجه سانتی‌گراد بازده تجمع دی‌اکسیدگوگرد در حدود $99/5 \pm 4/5$ درصد است.

جهت نمونه‌برداری مشابه‌روش گفته شده در قبل عمل شود.

• مونوکسیدکربن:

الف) روش معمولی با دستگاه گاز کروماتوگرافی؛ روش معمولی برای تعیین غلظت مونوکسیدکربن در هوا جمع‌آوری در کیسه‌های مخصوص و انتقال به آزمایشگاه و سپس تعیین مقدار با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگرافی است. جواب به‌دست آمده فقط وضعیت یک نقطه خاص برای مدت زمان بسیار کوتاه است.