

**آلودگی هوا**

**جلسه دوم**

**نمونه برداری و آنالیز**

**آلاینده های هوا**

## ۲-۱- روش های نمونه برداری

دو شیوه اصلی برای نمونه برداری و جمع آوری آلاینده های هوا برد وجود دارد که شامل نمونه برداری دینامیک یا فعال و نمونه برداری پاسیو یا غیر فعال می باشند. در روش اول، از یک حرکت دهنده هوا استفاده می شود (پمپ) و حجم معینی از هوا در فشار و درجه حرارت معین از روی محیط جاذب عبور داده می شود. بسته به تراکم آلاینده و روش تجزیه، آلاینده ممکن است با یا بدون تغلیظ بیشتر تعیین مقدار گردد. در روش دوم، از هیچ گونه پمپی استفاده نمی شود. در این روش، آلاینده ی هوا برد بر اساس پدیده انتشار به نمونه بردار وارد شده و بدام می افتد.

### ۲-۱-۱- نمونه برداری فعال

نمونه برداری فعال می تواند یا بصورت نمونه برداری آبی یا ظروف خلاء انجام گیرد و یا بصورت نمونه برداری طولانی مدت باشد. در روش اول، در ظرف مناسبی حجمی از هوا که نماینده ی کل هوای مورد نظر است گرفته می شود. وسایل گوناگونی برای این منظور وجود دارد که شامل ظروف خلاء، ظروف جابجایی مایع، ظروف پلاستیکی قابل انعطاف و سرنگ ها می باشند.

نمونه برداری دراز مدت وقتی استفاده می شود که تراکم آلاینده در هوا کم باشد یا اینکه تراکم آلاینده در زمان های گوناگون تغییر کند. همچنین، این روش زمانی استفاده می شود که ارزیابی مواجهه میانگین زمانی تراکم مد نظر باشد. در این شیوه آلاینده از هوا استخراج می شود و بوسیله ی محلول جاذب یا بطور کلی محیط جاذب تغلیظ می گردد. جاذب ها انواع گوناگونی دارند و بسته به نوع گاز یا بخار مورد نظر تعیین می شوند. چهار نوع جاذب عبارتند از: ب طری های گاز شوی ساده، نمونه گیر مار پیچی، بابلرهای متخلخل و نمونه گیر با بستر گوی های شیشه ای. این جاذب ها بستر مناسبی برای برخورد آلاینده ها با محلول جاذب را فراهم می آورند.

برای گازها و بخارهای واکنش ناپذیر از روش جذب سطحی استفاده می شود. جاذب های سطحی متداول عبارتند از ذغال فعال، سیلیکاژل و پلی مرهای متخلخل. تیوپ های جاذب که برای نمونه

برداری دراز مدت بخارهای آلی مناسبند دو بخش سری متصل به هم دارند به طوری که در بخش اول ۱۰۰ میلی گرم ذغال فعال و در بخش دوم ۵۰ میلی گرم ذغال فعال وجود دارد که بوسیله ی فوم پلی اورتان از هم جدا شده اند. پس از نمونه برداری، محتویات هر دو بخش جداگانه تجزیه می شوند. نتیجه تجزیه هنگامی که آلاینده جذب شده در بخش دوم ۲۰ درصد یا بیش از ۲۰ درصد مقدار آلاینده جذب شده در بخش اول باشد معتبر نخواهد بود.

مقدار نمونه برداری در روش فعال از یک پمپ یا منبع مکش هوا، تنظیم کننده ی فلو نظیر روزنه یا نازل، فلومتر جهت تعیین فلوی نمونه برداری، محیط جاذب (نظیر محلول جاذب، جاذب سطحی یا فیلتر)، لوله های رابط یا پیش فیلتر برای زدودن ذرات معلق یا هر عامل مزاحم دیگری که در جذب و بدام انداختن آلاینده و یا تجزیه آن تداخل ایجاد می کند تشکیل شده است. پمپ یکی از عناصر اصلی مدار نمونه برداری است. در این روش، با استفاده از پمپ، جریان هوای مورد نیاز از محیط جاذب عبور داده می شود. پمپ های گوناگونی بر اساس میزان فلو، خلاء یا فشار مورد نیاز و قابلیت حمل و نقل مورد استفاده قرار می گیرند. ظرفیت این پمپ ها از چند سانتی متر مکعب (میکرو پمپ) تا چندین متر مکعب (پمپ های حجم بالا) متغیر است.

## ۲-۱-۲- نمونه برداری غیر فعال

یکی از پیشرفت های شایان ذکر در فناوری نمونه برداری از هوا، ابداع شیوه های نمونه برداری و دوزیمتری غیر فعال برای تعداد زیادی از گازها و بخارات است. وسایل نمونه برداری در این روش کوچک، سبک و ارزان هستند. آنها دارای قطعات متحرک نیستند، دچار نقص فنی نمی شوند و استفاده از آنها آسان و راحت است. اساس کار آنها بر نفوذ یا انتشار آلاینده های گازی شکل در محیط جاذب استوار است. وسایلی از این نوع که در بازار موجود است جهت استفاده به هیچ کالیبراسیونی نیاز ندارند، زیرا توسط سازنده، این عمل انجام شده است. در این وسایل یک غشای پلی مریک از لاستیک سیلیکون وجود دارد که مانعی برای هوای محیط است. آلاینده های گازی شکل به داخل غشاء نفوذ کرده و از خلال آن به سمت محیط جاذب نظیر کربن فعال، سیلیکاژل یا

گرانول های مبادله ی یونی منتقل می شوند. نفوذ به درون غشاء در اثر انحلال بخار یا گاز در مواد تشکیل دهنده ی غشا صورت می گیرد و به وسیله ی انتشار مولکول های حل شده در خلال غشاء تحت گرادیان تراکم کنترل می شود. این وسایل انتشاری دارای مانع تخلخل هستند تا بتوانند اختلالات اتمسفری را به حداقل برسانند. مولکول های آلاینده از خلال مانع به لایه ی هوای ساکن انتشار می یابند و سپس بر روی ماده جاذب به دام می افتند. اطلاعات خاصی در مورد نرخ نمونه برداری از آلاینده های هوا برد به وسیله سازنده ارایه می شود.

تمام دوزیمترهای نمونه برداری غیر فعال که برای مواد آلی به کار می روند حاوی ذغال فعال هستند و از آن به عنوان محیط جاذب استفاده می کنند. این وسایل از نظر تجاری موجود بوده و از آنها می توان برای نمونه برداری از هر ترکیب آلی که بر روی جاذب سطحی ذغال فعال جذب می شود استفاده کرد. ذکر این نکته اهمیت دارد که نمونه برداری و تجزیه ی ترکیبات آلی به وسیله ی دوزیمترهای غیر فعال تحت تاثیر فاکتور های محیطی نظیر فشار اتمسفر، درجه حرارت، رطوبت نسبی و سرعت جریان هوا در مجاور دوزیمتر قرار می گیرد.

امروزه این وسایل به علت سهولت استفاده، کاربرد رو به رشدی یافته است. البته، این موضوع پذیرفته شده است که نمونه برداری های دراز مدت از صحت و دقت بیشتری برخوردارند.

## ۲-۲- توصیه هایی جهت برنامه ریزی نمونه برداری

شخصی که اقدام به نمونه برداری از هوا می کند می بایست کاملاً با نحوه کار وسایل و عملیات نمونه برداری آشنا باشد. این فرد می بایست از واکنش هایی که در نمونه برداری میان آلاینده و محیط جاذب روی می دهد اطلاع داشته، محلول های شیمیایی مورد استفاده را بشناسند و همچنین از محصولات پایانی و جانبی و نیز مواد شیمیایی زائدی که تولید می شود آگاه باشد. صرف نظر از اهداف برنامه ی نمونه برداری، می بایست موارد زیر را مد نظر قرار داد تا خط مشی صحیحی برای برنامه ی نمونه برداری خود اتخاذ کند.

## ۲-۲-۱- محل نمونه برداری

### ۲-۲-۲- مدت زمان نمونه برداری

به طور می توان گفت که مدت زمان نمونه برداری به عوامل زیر بستگی دارد:

- حساسیت کلی روش تجزیه

- مدت زمانی که یک مرحله از کار انجام می گیرد

- تراکم تقریبی آلاینده در هوا

- غلظت آلاینده

- فلوی نمونه برداری.

### ۲-۲-۳- راندمان نمونه برداری

یکی از عوامل بسیار مهم در نمونه برداری از آلاینده های هوا برد راندمان جمع آوری و جذب وسیله ی نمونه برداری و روش مورد استفاده است. در بسیاری موارد، تا زمانی که راندمان نمونه برداری معین و مشخص بوده و در محدوده تراکم مورد اندازه گیری، تقریباً " ثابت باشد، نیازی نیست که این راندمان ۱۰۰ درصد باشد، البته می بایست بیش از ۹۰ درصد باشد. برای بسیاری از انواع وسایل نمونه برداری و اندازه گیری، راندمان جمع آوری و جذب باید اندازه گیری شود.

چندین روش برای تعیین راندمان جمع آوری و جذب یک روش یا یک وسیله ی نمونه برداری وجود دارد:

الف) با سری کردن چندین محیط جاذب یا وسیله ی نمونه برداری به گونه ای که در آخرین جزء آلاینده ای به دام نیافتد. در این صورت راندمان جمع آوری به صورت زیر است:

$$\text{راندمان جمع آوری و جذب} = \frac{\text{تراکم آلاینده به دام افتاده در اولین وسیله}}{\text{مجموع تراکم ها در تمام وسایل سری شده}} \times 100$$

ب) نمونه برداری از اتمسفری که تراکم آلاینده در آن کاملاً مشخص است و تعیین تراکم پس از نمونه برداری و مقایسه نتیجه با تراکم اتمسفر یاد شده .

پ) مقایسه نتایج حاصل از نمونه برداری با روش یا وسیله ی مورد نظر و وسیله ی استاندارد.

ت) با تزریق مقدار معینی از آلاینده با تراکم معین به داخل مدار نمونه برداری که در آن وسیله ی مورد نظر قرار دارد.

یکی از مزایای عمده روش نمونه برداری گراب این است که راندمان جمع آوری در آن ۱۰۰ درصد است، البته با این شرط که ظرف تخلیه کامل شده باشد و هیچ گونه نشتی نیز وجود نداشته باشد.

#### ۲-۲-۴- حجم نمونه

پیش از نمونه برداری از هوا باید حداقل و حداکثر حجمی از هوا که روش نمونه برداری اجازه نمونه برداری را می دهد تعیین نماید. منظور از حداقل حجم، حجمی از هواست که در آن آلاینده کافی وجود دارد، به گونه ای که به وسیله ی روش تجزیه می توان آن را تعیین مقدار نمود. بنابراین، در این زمینه حساسیت روش تجزیه عاملی تعیین کننده است. هر چه حساسیت روش بیشتر باشد، حداقل حجم هوای مورد نیاز کمتر است. حداکثر حجم بدین منظور تعیین می شود که محیط جاذب بیش از حد با آلاینده انباشته نشود (مثلاً بر روی فیلتر، ذرات بیش از حد تجمع نیابند یا جاذب سطحی با آلاینده اشباع نگردد). وقتی دقت بالا مد نظر است مدت زمان نمونه برداری باید افزایش یابد، اما می بایست توجه داشت که در چنین حالتی حجم هوای نمونه برداری شده از حداکثر حجم هوای نمونه برداری فزونی نگیرد.

معمولاً شرایط جوی (دما، فشار، رطوبت) در هنگام نمونه برداری و کالیبراسیون مشابه است. در چنین شرایطی هیچ نیازی به تصحیح حجمی وجود ندارد و حجم گزارش شده به آزمایشگاه همان حجمی است که دستگاه اندازه گیری موجود در مدار نمونه برداری نشان می دهد. وقتی نمونه برداری در شرایطی صورت می گیرد که اختلاف دما یا فشار فاحشی با شرایط کالیبراسیون دارد، تصحیح حجم هوای نمونه برداری شده اهمیت ویژه ای می یابد.

به طور کلی اگر اختلاف ارتفاع بین محل کالیبراسیون و محل نمونه برداری بیش از ۱۰۰۰ فوت باشد و اختلاف دما بین این دو موضع بیش از ۱۰ درجه سانتی گراد و یا فارنهایت باشد، کالیبراسیون می بایست در محل نمونه برداری صورت گیرد. از رابطه ی زیر نیز می توان برای تصحیح حجم استفاده نمود.

$$V_{std} = V_{meas} \frac{P - P_w * \frac{298}{273 + t}}{760}$$

در این فرمول:

□□□: حجم هوای نمونه برداری شده در شرایط استاندارد(□□□)

□□□□□: حجم هوای نمونه برداری شده در شرایط موضع نمونه برداری(□□□)

□: فشار هوا(□□□□)

□: دمای هوای نمونه برداری (□°)

جدول ۱-۲- فاکتور تصحیح حجم در ارتفاع های گوناگون

موضع نمونه برداری پست تر است	موضع نمونه برداری مرتفع تر است	اختلاف ارتفاع (×۱۰۰۰)
۱	۱	۰
۰/۹۹۱	۱/۰۰۹	۰/۵
۰/۹۸۲	۱/۰۱۹	۱
۰/۹۷۳	۱/۰۲۸	۱/۵
۰/۹۶۴	۱/۰۳۸	۲
۰/۹۵۵	۱/۰۴۷	۲/۵
۰/۹۵۵	۱/۰۵۷	۳
۰/۹۴۶	۱/۰۶۷	۳/۵
۰/۹۳۷	۱/۰۷۷	۴
۰/۹۲۰	۱/۰۸۷	۴/۵
۰/۹۱۲	۱/۰۹۰	۵
۰/۹۰۳	۱/۱۰۷	۵/۵
۰/۸۵۹	۱/۱۱۷	۶
۰/۸۸۷	۱/۱۲۸	۶/۵
۰/۸۷۹	۱/۱۳۸	۷
۰/۸۷۰	۱/۱۴۸	۷/۵
۰/۸۶۲	۱/۱۶	۸



## جدول ۲-۲- فاکتور تصحیح حجم در دماهای مختلف

اختلاف دما (°C)	محل نمونه برداری گرم تر است	محل نمونه برداری سرد تر است
۰	۱	۱
۵	۱/۰۰۹	۰/۹۹۱
۱۰	۱/۰۱۸	۰/۹۸۳
۱۵	۱/۰۲۷	۰/۹۷۴
۲۰	۱/۰۳۶	۰/۹۶۶
۲۵	۱/۰۴۵	۰/۹۵۸
۳۰	۱/۰۵۴	۰/۹۴۹
۳۵	۱/۰۶۳	۰/۹۴۱
۴۰	۱/۰۷۳	۰/۹۳۳

### ۲-۲-۵- تعداد نمونه

### ۲-۲-۶- حمل نمونه ها

برای جلوگیری از بروز خطا، نمونه ها را حتماً باید کد گذاری و برچسب گذاری نمود (تیوب ها، ایمپینجر ها، نگهدارنده های فیلتر و....). آخرین مرحله ی نمونه برداری، آماده سازی نمونه ها برای ارسال به آزمایشگاه است. گاهی نشت گیری و درزگیری نمونه ها امری ضروری است. نشت گیری و درزگیری مناسب می تواند از خرابی و از دست رفتن نمونه (مثلاً نمونه های فرار) جلوگیری کند. روش درزگیری باید به گونه ای باشد که اجازه ی خروج آلاینده ی بدام افتاده بر روی محیط جاذب را ندهد یا اگر این اتفاق افتاد این موضوع با تغییر رنگ چسب و.... مشخص گردد. افزون بر آن ، درزگیری از آلودگی بعدی نمونه ها نیز جلوگیری می کند.

هنگام تحویل نمونه ها، برای هر نمونه می بایست برگه ی اطلاعاتی مربوطه که در آن زمان نمونه برداری، روش نمونه برداری، محیط جاذب، درجه حرارت نمونه برداری، فلوی نمونه برداری و.... (اطلاعات کامل) ذکر شده است، در اختیار باشد.

## ۲-۳- روش های نمونه برداری از گازها و بخارات

دو شیوه اصلی برای نمونه برداری (یا جمع آوری نمونه) از گازها و بخارات وجود دارد. در روش اول از یک نمونه گیر نظیر فلاسک خلاء، بطری تخلیه یا کیسه استفاده می شود و حجم معینی از هوای محیط مورد نظر در دما و فشار معین جمع آوری می گردد. پس از نمونه برداری، سر نمونه بردار بی درنگ بسته شده و به آزمایشگاه منتقل می شود. این روش، نمونه برداری گراب نامیده می شود.

در روش دوم حجم معینی از هوا از درون محیط جاذب (جاذب گازها و بخارات) عبور داده می شود (جاذب ممکن است محلول جاذب یا جاذب سطحی باشد). در این حالت، آلاینده توسط جاذب به دام می افتد و سپس محیط جاذب جهت تعیین مقدار آلاینده ای که بر روی آن به دام افتاده است به آزمایشگاه منتقل می شود.

## ۲-۳-۱- انتخاب روش و وسیله ی نمونه برداری

نخستین قدم برای انتخاب روش نمونه برداری و تجزیه، مراجعه به استاندارد ها و مقالات است. معیار های مهم برای انتخاب روش نمونه برداری عبارتند از قابلیت انحلال آلاینده، فراریت آلاینده، واکنش پذیری آلاینده و سرانجام، حساسیت روش تجزیه.

به طور کلی، آلاینده های واکنش ناپذیر و غیر قابل جذب به صورت گراب نمونه برداری می شوند. آلاینده های قابل حمل در آب و آنهایی که سریعاً با محلول های جاذب واکنش می دهند در بطری های گازشوی ساده قابل جمع آوری هستند. آلاینده های فرار و آنهایی که قابلیت انحلال پایینی دارند و با محلول جاذب واکنش ضعیفی می دهند، نیاز مند تماس شدید تر با جاذب هستند و برای نمونه برداری از آنها باید از بطری های گاز شوی مارپیچی یا متخلخل استفاده کرد. آلاینده های غیر قابل حل یا واکنش ناپذیر، بر روی مواد جاذب جامد نظیر کربن فعال یا سیلیکاژل نمونه

برداری و جذب می شوند. البته، گاهی برای نمونه برداری از یک آلاینده خاص چندین روش و وسیله وجود دارد و طبیعتاً با توجه به شرایط و امکانات موجود می توان نسبت به انتخاب هر یک از آنها اقدام نمود.

به طور کلی نمونه برداری از گازها و بخارات باید به شرایط زیر توجه نمود:

۱. راندمان جمع آوری و جذب آلاینده کاملاً مشخص و قابل قبول باشد.
۲. تامین فلوی مناسب عملی باشد به طوری که الف) بتوان نمونه کافی جهت تجزیه فراهم ساخت ، ب) کارایی قابل قبول جمع آوری را حفظ کرد و پ) بتوان در مدت زمان مناسب نمونه برداری را انجام داد.
۳. پایداری نمونه قبل از شروع مراحل تجزیه مشخص و معین باشد و حفظ گردد.
۴. نمونه باید به شکلی مناسب جهت تجزیه آماده شود.
۵. از بکارگیری مواد خورنده و سوزاننده و خطرناک به عنوان محیط جاذب و... حتی الامکان اجتناب کرد.

## ۲-۳-۱-۱- نمونه برداری گراب

این نوع نمونه برداری تحت عنوان اندازه گیری کوتاه مدت، نمونه برداری نقطه ای یا آنی نیز خوانده می شود. علت این نامگذاری این است که مدت زمان نمونه برداری معمولاً کمتر از ۵ دقیقه است. این روش، روش مناسبی برای اندازه گیری حداکثر تراکم آلاینده در هوای محیط کار است. متداول ترین وسایلی که در نمونه برداری آنی استفاده می شود عبارتند از :

الف) فلاسکهای خلاء: ظروفی با ظرفیت ها و شکل های گوناگون هستند. در همه این وسایل، فشار داخل ظرف به وسیله ی مکش هوای درون آن کاهش می یابد. گنجایش آنها ۲۰۰ تا ۵۰۰ و گاهی ۱۰۰۰ میلی متر است. پس از اینکه فشار داخل ظرف با استفاده از پمپ تقریباً به صفر رسید، سر فلاسک بسته می شود. در هنگام استفاده، سر فلاسک شکسته شده (فلاسک شیشه ای) و نمونه

برداری انجام می گیرد. سپس مجدداً " سر آن بسته شده (به وسیله ی موم) و به آزمایشگاه منتقل می گردد.

بعضی فلاسک های خلاء فلزی هستند. در مورد ظروف فلزی گفتنی است که نمی توان از آنها برای نمونه برداری از برخی از انواع آلاینده هایی که با فلز ترکیب می شوند استفاده نمود. ظروف فلزی همانند قوطی حشره کش هستند که هوای درون آنها تخلیه شده است. با فشار بر روی سر قوطی، هوا وارد آن شده و پس از اتمام نمونه برداری به آزمایشگاه منتقل می شود.

ب) جابجایی گاز یا مایع : در روش جابجایی گاز یا مایع، از یک ظرف که حجم معینی دارد و دارای دو شیر ورودی و خروجی است استفاده می شود، آن گاه در حالی که هر دو شیر باز است به وسیله ی پمپ، هوا مکش می شود. حجم هوایی که مکش می شود می بایست ۱۰ تا ۱۵ برابر حجم ظرف باشد تا تراکم آلاینده در هوای درون آن حتی الامکان به تراکم موجود در هوای نمونه برداری نزدیک شود. قیمت و کاربرد ساده ای دارند پس از نمونه برداری هر دو شیر بسته شده و ظرف به آزمایشگاه منتقل می شود.

پ) کیسه های نمونه برداری: کیسه های نمونه برداری هم در جمع آوری و نمونه گیری از هوا و هم در تهیه ی اتمسفر استاندارد با تراکم در حدود قسمت در میلیون تا ۱۰ درصد حجمی مورد استفاده قرار می گیرند. کیسه ها دارای اندازه، جنس و شکل متفاوتند و در حجم های ۲۵۰ میلی متر، ۵ تا ۱۵ لیتر ساخته می شوند. تحقیقات نشان داده است که در کیسه های تدلار (که از جنس فلوروکربن هاست) بهترین نوع برای نمونه برداری کوتاه مدت است و کیسه های آلومینیومی برای وقتی که نمونه قبل از تجزیه مدت زمان طولانی باقی می ماند بهترین گزینه اند.

ت) سرنگ های نمونه برداری: سرنگ ها حجم های مختلفی دارند (۱۰ تا ۵۰ میلی لیتر)، شیشه ای یا پلاستیکی بوده، ارزان.

## ۲-۳-۱-۲- نمونه برداری مداوم یا دراز مدت

در اغلب موارد برای اندازه گیری تراکم گازها و بخارات در هوا، به علت پایین بودن غلظت آلاینده می بایست حجم زیادی از هوا از ماده جاذب عبور داده شود تا آلاینده به وسیله ی محیط جاذب استخراج و تغلیظ گردد و مقدار کافی از آلاینده بدام افتد.

در این مورد وسایل نمونه برداری از هوا عبارتند از:

- وسایل جمع آوری و جذب مواد

- دستگاه های مکنده هوا

- وسایل اندازه گیری حجم هوا

وسایلی که برای نمونه برداری مداوم ساخته شده اند بر اساس مکانیسم های گوناگونی که مهمترین آنها جذب و جذب سطحی می باشند.

## جاذب

نظریه جذب گازها و بخارات از هوا به وسیله محلول جاذب توسط الکینز مطرح شد. بر اساس این نظریه، آلاینده در محلول جاذب حل می شود و یا واکنش می دهد (نظیر آمونیاک در اسید سولفوریک). در طول نمونه برداری رفته رفته تراکم آلاینده در محلول جاذب افزایش می یابد . تا زمانی که تعادل میان تراکم آلاینده در محلول جاذب و هوا ایجاد شود ، افزایش تراکم آلاینده در محلول جاذب ادامه خواهد داشت. عمل جذب هیچگاه کامل نیست. بخشی از آلاینده ممکن است در اثر ادامه نمونه برداری از محلول جاذب خارج شود، اما به وسیله آلاینده ای که در هوای ورودی وجود دارد جایگزین می گردد. بدین ترتیب وقتی تعادل یاد شده ایجاد شد، تراکم آلاینده در محلول جاذب دیگر افزایش نمی یابد . برخی از آلاینده هایی که می توان از طریق جذب نمونه برداری کرد عبارتند از آمونیاک ، بوتانول ،  $CO_2$  ، تتراکلرید کربن ، استن ، استالدئید ، فرم آلدئید ،  $NO_2$  ، اوزون ، کلر ، فنل ،  $SO_2$  و غیره

بر اساس تحقیقات انجام شده راندمان جمع‌آوری و جذب آلاینده در روش جذب به عوامل زیر بستگی دارد :

- حجم هوای نمونه‌برداری شده

- حجم محلول جاذب

- فراریت آلاینده موردنظر

بدین ترتیب راندمان جمع‌آوری را می‌توان با استفاده از روش‌های زیر افزایش داد .

- سرد کردن محلول جاذب

- افزایش حجم محلول جاذب با سری کردن چند محیط جاذب

به طور کلی جذب گازها و بخارات به وسیله واکنش‌های شیمیایی به عوامل زیر بستگی دارد :

- اندازه حباب‌های هوای تولید شده در بطری گازشوی

- واکنش آلاینده با مولکول‌های محلول جاذب

- سرعت واکنش

اگر سرعت واکنش زیاد باشد و محلول جاذب به اندازه کافی وجود داشته باشد ، آلاینده به خوبی به دام افتاده و در محلول نگه داشته می‌شود. برعکس اگر سرعت واکنش کم باشد و فلوی نمونه‌برداری به اندازه کافی پایین نباشد ، از راندمان جمع‌آوری و جذب کاسته خواهد شد.

براساس مطالب گفته شده می‌توان عوامل مهم و موثر در جذب آلاینده توسط محلول جاذب را به صورت زیر بیان داشت :

الف) حلالیت آلاینده در محلول جاذب

ب) قدرت حلالیت محلول جاذب

پ) میزان انتشار آلاینده در مایع

ت) فشار بخار آلاینده در دمای نمونه‌برداری

ث) واکنش شیمیایی آلاینده با محلول جاذب

ج) سطح تماس (اندازه حباب هوا) و زمان تماس (فلوی عبوری) آلاینده با محلول جاذب.

به منظور جمع‌آوری و جذب آلاینده بر اساس پدیده جذب چهار نوع وسیله وجود دارد که عبارتند از

الف) بطری گازشوی ساده

ب) جاذب‌های ماریچی

پ) بابلرهای متخلخل

ت) ستون حاوی گلوله‌های شیشه‌ای

عمل اصلی در همگی آنها ایجاد تماس کافی بین آلاینده و محلول جاذب است به طوری که آلاینده از طریق انحلال یا واکنش شیمیایی در محلول جاذب به دام افتاده و جذب می‌شود.

### جذب سطحی

هنگامی که منظور از نمونه‌برداری جمع‌آوری بخارهای غیر محلول یا واکنش‌پذیر باشد روش جذب سطحی غالباً روش انتخابی است. بسیاری از جامدات دارای این خاصیت هستند که مقدار زیادی گاز و یا ماده حل شده در حلالی را جذب نمایند. عمل جذب یک پدیده سطحی بوده و سطح جسم جاذب (جامد) ماده جذب شونده را به صورتیکه لایه مولکولی به خود می‌گیرد.

عوامل مؤثر در جذب سطحی مواد عبارتند از:

الف) سطح ماده

ب) نوع ماده جاذب

پ) ساختمان مولکولی

ت) فشار و دما

ث) سهولت مایع شدن گازها

## کیسه‌های نمونه‌برداری

از کیسه‌های پلاستیکی می‌توان هم برای نمونه‌برداری کوتاه مدت و هم برای نمونه‌برداری دراز مدت استفاده کرد. نمونه‌ها را می‌توان در طول هشت ساعت یا حتی می‌توان زمان نمونه‌برداری چند روز باشد.

## تله‌های سرد

از این روش برای جمع‌آوری ترکیبات شیمیایی به شکل مایع یا جامد، عمدتاً با هدف شناسایی مواد استفاده می‌شود. بخار در اثر عبور از یک لوله U شکل یا مارپیچی که در درون سیستم سرد کننده قرار گرفته از هوا جدا شده و میعان صورت می‌گیرد. سیستم سرد کننده ممکن است به شکل یخ خشک و استن، هوای مایع یا نیتروژن مایع باشد. از این شیوه هنگامی استفاده می‌شود که جمع‌آوری مؤثر آلاینده به کمک روش‌های دیگر مشکل باشد. آب نیز در این روش از نمونه هوا جدا می‌شود که اگر آلاینده مورد نظر آلی باشد دو فاز آلی و مایی تشکیل می‌شود.

## وسایل قرائت مستقیم در اندازه‌گیری گازها

آنچه که تا به حال برای نمونه‌برداری از گازها و بخارات ذکر شد همگی روش‌هایی بودند که در آنها تعیین مقدار آلاینده پس از نمونه‌برداری مستلزم تجزیه نمونه بود. تجهیزاتی که در گروه وسایل قرائت مستقیم قرار می‌گیرند وسایلی هستند که از پیچیدگی بیشتری نسبت به وسایل پیش‌برخوردارند. نمونه‌برداری و تجزیه، هر دو به وسیله دستگاه انجام می‌گیرد و نتیجه ظرف چند دقیقه یا حتی چند ثانیه اعلام می‌گردد. این نمونه‌برداری همانگونه که پیش از این گفته شد، نمونه‌برداری *real-time* نامیده می‌شود. گاهی از اصطلاح وسایل قرائت مستقیم (یا *DRLS*) نیز استفاده می‌شود. وسایل قرائت مستقیم موجود بر اساس اصول مختلفی عمل می‌کنند مثلاً پرتولیزر، فوتومتری و ..... این وسایل به دو دسته تقسیم می‌شوند:

۱- وسایلی که برای نمونه‌برداری و اندازه‌گیری یک ماده شیمیایی خاص طراحی شده‌اند.



۲- وسایلی که برای نمونه‌برداری و اندازه‌گیری گروهی از ترکیبات طراحی شده‌اند و تراکم کل را تعیین می‌کنند

واضح است که روش‌های دراز مدت موجود برای نمونه‌برداری و اندازه‌گیری ترکیبات شیمیایی مختلف بیش از وسایل قرائت مستقیم است. البته در موارد اندکی استفاده از وسایل قرائت مستقیم راه عمده آشکارسازی برخی مواد نظیر CO و CO<sub>2</sub> است. در اینجا به بحث پیرامون اصول فیزیکی که بر اساس آنها آلاینده‌های گاز و بخار شکل در وسایل قرائت مستقیم شناسایی و تعیین مقدار می‌گردند و نیز تقسیم‌بندی آنها بر اساس این اصول فیزیکی پرداخته می‌شود. به طور کلی یک وسیله قرائت مستقیم دارای حسگری است که سیگنال الکتریکی مناسب با تراکم آلاینده ایجاد می‌کند. گاهی اوقات تجزیه براساس اصول فیزیکی انجام می‌گیرد (مثلاً تابش IR به وسیله آلاینده جذب می‌شود و تعیین مقدار انجام می‌گیرد). در اینجا فاصله‌ای بین نمونه‌برداری و تعیین مقدار آلاینده وجود ندارد. گاهی اوقات نیز تجزیه براساس اصول شیمیایی - فیزیکی صورت می‌گیرد، یعنی در واقع میان نمونه‌برداری و اندازه‌گیری یک مرحله حد واسط وجود دارد که در آن آلاینده بر روی عامل شیمیایی جمع‌آوری می‌شود، سپس واکنشی روی می‌دهد و آنگاه به صورت رنگ‌سنجی تعیین مقدار می‌شود. در این مثال ابتدا نمونه‌برداری صورت می‌گیرد سپس واکنش‌های شیمیایی رخ می‌دهند و آنگاه تجزیه فیزیکی انجام می‌شود. به همین دلیل است که به این روش، روش شیمیایی - فیزیکی گفته می‌شود. در اینجا روش‌های فیزیکی و شیمیایی - فیزیکی مورد بحث قرار می‌گیرند.

### اصول آشکارسازی

در وسایل قرائت مستقیم اصول فیزیکی که برای آشکارسازی و تجزیه مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از: هدایت الکتریکی، پتانسیومتری، کلومتری، ردیابی رادیواکتیو، هدایت حرارتی، فتومتری، اسپکتروسکوپی، رنگ‌سنجی، کمیلومینسانس، اسپکتروسکوپی جرمی و گاز کروماتوگرافی.

در زیر اصول فیزیکی یاد شده به اختصار تشریح شده‌اند.

**الف) روش‌های الکتریکی (یا الکتروشیمیایی):** این گروه شامل شیوه‌های گوناگونی است که در آنها خصوصیات فیزیکی و یا شیمیایی آلاینده تغییراتی را در پارامترهای الکتریکی یک گاز یا محلول ایجاد می‌کند. خروجی حسگر متناسب با تراکم آلاینده موردنظر است.

- **هدایت:** گازهایی که در دورن یک محلول آبی، الکترولیت تشکیل می‌دهند باعث تغییر هدایت الکتریکی محلول می‌شوند. آشکارسازهای هدایت الکتریکی این تغییرات را مستقیماً حس می‌کنند. البته به علت اینکه هدایت الکتریکی محلول حاصل جمع اثر تمام یونهای موجود است، این روش، روشی انتخابی برای آلاینده‌ای خاص نیست. تنها زمانی که تراکم سایر گازهایی که خصوصیات بالا را دارند (تبدیل شدن به الکترولیت) معین و ثابت باشد و یا بسیار ناچیز باشد، تغییرات ایجاد شده در هدایت الکتریکی محلول را می‌توان مربوط به آلاینده موردنظر دانست.

در این روش کنترل دما اهمیت زیادی دارد، زیرا در هدایت الکترولیتی، درجه حرارت نقشی بسیار مهم دارد. از این اصل برای اندازه‌گیری آمونیاک،  $H_2S$  و  $SO_2$  استفاده می‌شود

**پتانسیومتری:** آلاینده‌هایی که با عامل موجود در یک محلول شیمیایی واکنش داده و PH محلول را تغییر می‌دهند سبب تغییر پتانسیومتری محلول شده که می‌تواند با تراکم آلاینده موردنظر متناسب باشد. تغییر PH محلول به وسیله یک گالوانومتر (الکتروود PH) احساس می‌شود. الکتروود PH در واقع سیستمی است که در آن انرژی واکنش‌های شیمیایی به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. این روش نیز برای یک ماده معین انتخابی نمی‌باشد (غیراختصاصی است). البته با انتخاب یک عامل مناسب شاید بتوان تا حدی به خاصیت انتخابی دست یافت.

از این روش برای اندازه‌گیری آلاینده‌های گوناگونی نظیری  $CO_2$ ،  $CL_2$ ،  $HCOH$ ،  $H_2S$ ،  $NOX$ ،  $C_2$ ،  $O_3$ ،  $SO_2$  استفاده می‌شود.

- **کلومتری:** عبارت است از تعداد الکترون‌هایی (برحسب کولن) که در واکنش میان آلاینده و محلول منتقل می‌شوند. تعداد الکترون مورد نیاز متناسب با مقدار آلاینده مورد نظر است. از این

روش برای اندازه‌گیری اکسیژن ، CO ، CL<sub>2</sub> ، HCOH (هیدروژن سانیید) ، H<sub>2</sub> S ، NOX ، O<sub>3</sub> و SO<sub>2</sub> استفاده می‌شود .

- **یونیزاسیون** : آشکارسازی بر اساس یونیزاسیون بدین ترتیب انجام می‌شود که آلاینده به صورت اتم یا مولکول باردار درمی‌آید و سپس ذرات باردار تحت اثر میدان الکتریکی جمع‌آوری می‌شوند. این روش نیز غیرانتخابی می‌باشد. یونیزاسیون با شعله در بسیاری از وسایل اندازه‌گیری که به صورت تجاری موجود هستند مورد استفاده قرار می‌گیرد.

حسگر یونیزاسیون یک گاز کروماتوگراف قابل حمل است که می‌تواند در محیط کار بسیاری از گازها و بخارات را جدا کرده و شناسایی کند . گاز کروماتوگراف‌ها دارای آشکارساز هستند . چندین آشکارساز مختلف وجود دارد که می‌توانند در گاز کروماتوگراف مورد استفاده قرار گیرند . متداولترین آنها عبارتند از FID ، PID ، ECD . انتخاب نوع آشکارساز به ترکیب شیمیایی موردنظر ، دیگر انواع آلاینده‌های موجود در نمونه و همچنین حساسیت مورد نیاز بستگی دارد . FID و PID آشکارسازهای غیراختصاصی هستند که برای ترکیبات آلی استفاده می‌شوند. البته حساسیت FID با افزایش موادی مثل اکسیژن، سولفور و کلر کاهش می‌یابد. آشکارساز PID می‌تواند ترکیبات آلی مثل هیدروکربن‌های آلیفاتیک، آروماتیک و هالوژنه و نیز برخی ترکیبات غیرآلی نظیر آرسین، فسفین H<sub>2</sub> S ، اسیدنیتریک و اسیدسولفوریک را آشکار سازد. آشکارساز ECD به ویژه برای ترکیبات آلی هالوژنه، نیترات و کربنیل‌های کنژوگه بسیار حساس است.

**ب) روش‌های اسپکتروشیمیایی و یا اسپکتروسکوپیکی :**

وسایلی که بر اساس این روش کار می‌کنند عبارتند از: اسپکتروفتومتر IR، اسپکتروفتومتر UV/Vis، آشکارسازهای کمیلومینسانس و سایر تجزیه کننده‌های فتومتریکی که از آشکارساز فلورسانس استفاده می‌کنند.

به طور کلی در این روش از بیناب مادون قرمز، ماوراء بنفش و نورمرئی برای تعیین نوع و مقدار آلاینده استفاده می‌شود. انرژی پرتو به وسیله آلاینده جذب می‌شود.

- **اسکتروفتومتری IR**: این روش بر پایه اصل استوار است که بسیاری از ترکیبات آلی، پرتو الکترومغناطیس در ناحیه IR را جذب می‌کنند. با انتخاب طول موج مناسب می‌توان از اثر ترکیبات مزاحم جلوگیری کرد. هرچه تراکم مولکول‌ها در محیطی که پرتو IR عبور می‌کند بیشتر باشد، جذب بیشتر خواهد بود.

برخی از انواع آنها در طول موج خاصی تنظیم شده‌اند به گونه‌ای که طول موج پرتو تابیده شده قابل تغییر نیست. در برخی از انواع آنها طول موج را می‌توان به وسیله دکمه‌ای تنظیم نمود و بدین ترتیب می‌توان از آنها برای بیش از یک آلاینده استفاده کرد (یعنی در واقع یک سنجش عمومی دارند). برخی از انواع آنها تنها برای یک آلاینده خاص هستند ( برای مثال متان ، ایلن ، اتان، پروپان، بوتان، CO و CO<sub>2</sub> )

- **اسپکتروفتومتری UV** : برای ترکیباتی استفاده می‌شود که نور ماوراء بنفش را جذب می‌کنند معمولاً در وسایل قرائت مستقیم از پرنوهای در گستره ۱۸۰ تا ۳۵۰ nm (UV نزدیک) استفاده می‌شود. جیوه، پرتو ماوراء بنفش با طول موج ۲۵۳/۷ nm را به شدت جذب می‌کند و به همین دلیل از این روش برای اندازه‌گیری آن استفاده می‌شود. برای اندازه‌گیری NH<sub>3</sub> ، NOX ، O<sub>3</sub> و SO<sub>2</sub> نیز این شیوه به کار گرفته می‌شود .

- **روش کمیلومینسانس** : اوزون و اکسیدهای نیتروژن با این روش اندازه‌گیری می‌شوند.

- **روش فلورنسانس** : فلورنسانس عبارت است از تابش فوتون از مولکول‌های تحریک شده هنگامی که تحریک نتیجه جذب انرژی از منبع تابش باشد. برای اندازه‌گیری CO و SO<sub>2</sub> از این روش استفاده می‌شود.

- **روش‌های فتومتری** : وسایل قرائت مستقیم در این گروه با نام فتومترها خوانده می‌شوند. در این وسایل محیط جذبی وجود دارد که در اثر برخورد آلاینده موردنظر با آن تغییر رنگ می‌دهد و

اندازه‌گیری نور بازتاب شده از محیط جاذب تغییر رنگ یافته ، اساس اندازه‌گیری است . از این روش برای اندازه‌گیری آمونیاک ، فسژن، آرسین و سیانید هیدروژن استفاده می‌شود.

**پ) روش‌های حرارتی یا حرارتی - شیمیایی :** گازهای و بخارات دارای خصوصیات حرارتی خاصی هستند که می‌توان از آنها در تجزیه و تعیین مقدار آنها استفاده نمود. دو خصوصیات حرارتی آلاینده‌ها یعنی گرمای احتراق و هدایت حرارتی کاربرد دارد. گرمای احتراق عبارت است از گرمای آزاد شده در اثر سوختن کامل واحد جرم یک ماده قابل احتراق. بدین ترتیب گرمای احتراق بیشترین مقدار گرمایی است که می‌تواند به وسیله جرم معینی از یک ماده شیمیایی قابل احتراق آزاد شود

**گرمای احتراق :** انواع متنوعی از آلاینده‌های گاز و بخار شکل با این روش قابل اندازه‌گیری اند. در این روش گرمای حاصل از احتراق آلاینده یا واکنش اکسیداسیون آلاینده اندازه‌گیری می‌شود. وسایلی از این گروه که امروزه مورد استفاده قرار می‌گیرند بر اساس احتراق کاتالیتیکی عمل می‌کنند. گرمای آزاد شده خاص گاز یا بخار قابل احتراق مورد نظر است و می‌توان از آن برای تعیین مقدار کمی آلاینده استفاده نمود. این وسایل غیراختصاصی هستند و هر گاز یا بخار قابل احتراقی که در هوا وجود داشته باشد بر روی آن تاثیر می‌گذارد. البته گفتنی است که نوع کاتالیزور مورد استفاده تا حدی قابلیت انتخابی به آن می‌دهد.

برای اندازه‌گیری  $CO_2$  ، اکسیداتیلن ،  $H_2S$  ، متان و کمبود اکسیژن می‌توان از این وسایل استفاده کرد. از این روش برای گازها و بخارات قابل احتراق و اشتعال و انفجار استفاده می‌شود و نتیجه به صورت درصد بیان می‌شود.

**هدایت حرارتی :** این روش ع روش دیگری برای تعیین تراکم گازها و بخارات قابل احتراق و انفجار می‌باشد. برای اندازه‌گیری آلاینده هنگامی که تراکم بالا بوده و در حد LEL باشد (درحد درصد) از

این روش استفاده می‌شود. این وسایل غیراختصاصی بوده و به تراکم پایین حساسیتی ندارند. در این روش نیز نتیجه به صورت درصد تعیین می‌شود.

## روشهای نمونه برداری از ذرات

به طور کلی، روش های نمونه برداری از ذرات عمدتاً دراز مدت هستند و روش های کوتاه مدت یا آبی متداول نبوده و نسبت به روش های نمونه برداری دراز مدت در این آلاینده ها از اعتبار و صحت کمتری برخوردارند. البته برخی از روشها بر مبنای نمونه برداری آبی از ذرات عمل می کنند که در ادامه بحث مطرح خواهند شد.

روشهای عمده و اصلی نمونه برداری و جمع آوری آلاینده های ذره ای از قرار زیرند :

### ۱- فیلتراسیون یا صاف کردن :

فیلتراسیون متداول ترین روش نمونه برداری از آئروسول هاست، که دلیل عمده این امر ارزانی این روش و سهولت آن می باشد. نمونه های تهیه شده حجم کوچکی دارند و معمولاً می توان آنها را پیش از تجزیه بدون اینکه نمونه از دست برود یا تجزیه شود مدتها نگه داشت.

در هنگام نمونه برداری نشستن ذرات بروی سطح لوله های رابط و جدار نگهدارنده ی فیلتر که عمدتاً بعلت ایجاد الکتریسیته ساکن پدید می آید می تواند منشا و منبع خطا در اندازه گیری باشد. گاهی نیز برخورد ذرات به لوله ی رابط که دارای خمندگی است باعث نشستن ذرات بروی لوله رابط شده و می تواند منبع خطای دیگری در اندازه گیری باشد.

اندازه گیری دقیق زمان نمونه برداری و فلوی نمونه برداری از اهمیت زیادی برخوردار است که می توان حجم دقیق هوای نمونه برداری شده را تعیین نمود. متأسفانه اندازه گیری دقیق حجم هوای نمونه برداری زمان استفاده از فیلتر اغلب ممکن نیست، زیرا برخی پمپ ها به شدت به افزایش فشار (یا به عبارتی افزایش مقاومت در مقابل عبور هوا) حساسند و از آنجا که پس از مدتی که از نمونه برداری گذشت منافذ فیلتر رفته رفته مسدود می گردند و مقاومت در مقابل عبور هوا افزایش

می یابد، بنابراین این موضوع بر حجم هوای عبوری تاثیر گذاشته و باعث کاهش آن می شود. زمانی که در مدار نمونه برداری از فلومتری استفاده میشود که افت فشار زیادی را ایجاد می کند، نیز این مسئله وجود دارد. بنابراین باید از فلومترهایی استفاده کرد که افت فشار کمی دارند (برای مثال، می توان از فلومترهای با بای پس استفاده شود که افت فشار کمی دارند).

عوامل مختلفی در انتخاب نوع فیلتر مؤثرند. از جمله این عوامل می توان به قیمت، در دسترس بودن، راندمان جمع آوری، نوع روش تجزیه و تعیین تراکم و شرایط محیطی اشاره کرد.

## ۲- جمع آوری آلاینده های ذره ای با استفاده از نیروی ثقل و اینرسی

این دسته از جمع آوری کننده ها شامل ایمپکتور ها، سیکلون ها، ایمپینجرها، الوتریاتورها می باشند. بر خلاف فیلترها که معمولاً ذرات را با هر اندازه ای جمع آوری می کنند، وسایل یاد شده بین اندازه های مختلف تمایز قایل می شوند و ذرات با هر اندازه ای را جمع آوری نمی کنند. آنها بصورت انتخاب مبتنی بر اندازه عمل می کنند، یعنی ذرات با ابعاد مشخصی را جمع آوری می نمایند. برخی از انواع آنها ذرات با اندازه های مختلف را از یکدیگر جدا می سازد و به اصطلاح عمل دانه بندی انجام می دهند.

- ایمپکتورها: اصطلاح ایمپکتورها به دسته ای از جمع آوری کننده های آئروسول ها اطلاق می شود که در آنها برخورد با یک سطح مکانیسم اصلی جمع آوری است. برخورد ذرات به سطح بدان علت اتفاق می افتد که ذرات به سبب دارا بودن اینرسی از خط جریان هوا منحرف شده و از آن پیروی نمی کنند. برخورد زمانی ایجاد می شود که ذرات که جریان هوا در مسیر عبور خود به سطح سختی می رسد و آن را دور می زند. ذرات به علت دارا بودن اینرسی از مسیر جریان پیروی نکرده و به سطح برخورد می کنند و بدام می افتند.

- ایمپینجرها: ایمپینجرها همانند ایمپکتورها عمل می کنند با این تفاوت که هوای حاوی آلاینده ی ذره ای از درون آب یا محلول موجود در بطری ایمپینجر عبور می کند. در ایمپینجر جریان هوا در اثر عبور از روزنه انتهای نازل شتاب گرفته و سرعت آن به ۶۰ متر بر ثانیه یا بیشتر می رسد. در

این وسیله، جریان هوا به ته بطری و یا به سطح مایع چسبیده برخورد کرده و این برخورد باعث به دام افتادن ذرات در مایع بطری می گردد.

### ۳- رسوب دهنده ی الکتروستاتیک :

مکانیسم جذب ذرات در رسوب دهنده الکتروستاتیک یا الکتریکی با سایر وسایل جمع آوری کننده ذرات متفاوت است. زیرا در اینجا مکانیسم جمع آوری الکتریکی است و نه ثقلی و گرمایی. از آنجایی که میدان الکتریکی تنها بر ذرات اثر می کند و تاثیری بر جریان هوا ندارد، نیروی اندکی لازم است تا جریان هوا را از میان جمع آوری کننده عبور دهد.

رسوب دهنده های الکتروستاتیک دو برتری عمده نسبت به فیلترها دارند:

الف) مدت زمان نمونه برداری تحت تاثیر تراکم آلاینده قرار نمی گیرد.

ب) نمونه بگونه ای جمع آوری می شود که کاملاً قابل بازیافت است.

در رسوب دهنده های الکتروستاتیک متداول، ذرات پس از باردار شدن بروی سطح بزرگی جمع آوری می شوند. سطح نمونه برداری ممکن است با کاغذ پوشانده شده باشد که پس از نمونه برداری کاغذ برداشته می شود و مورد تجزیه قرار می گیرد.

### ۴- رسوب دهنده ی حرارتی :

رسوب دهنده حرارتی با عبور هوا از مجرای نسبتاً باریک که دارای گرادیان دمایی بالایی است، ذرات موجود در هوا را جدا می سازد. گرادیان دمایی بر جریان عبور هوا عمود می باشد. ذرات از سوی جسم گرم به سمت سطح سرد حرکت می کنند در چنین حالتی سرعت حرکت ذرات را سرعت ترموفورتیک می نامند.

همانگونه که گفته شد ذرات بروی سطح سرد سرد می نشینند. این سطح می تواند سطحی باشد که بررسی های بعدی یا تجزیه را تسهیل کند.



## - وسایل قرائت مستقیم برای نمونه برداری از ذرات

وسایلی که تا کنون گفته شد جمع آوری ذرات را به گونه ای انجام می دهند که پس از نمونه برداری می بایست عملیات تجزیه میکروسکوپی، وزنی یا شیمیایی بر روی آنها صورت گیرد. ولی دسته ای دیگر از وسایل وجود دارند که جهت نمونه برداری و اندازه گیری ذرات از پیچیدگی بیشتری برخوردارند. نمونه برداری و تجزیه هر دو بوسیله یک دستگاه دستگاه انجام می گیرد و پارامتر مورد نظر بی درنگ توسط دستگاه تعیین می گردد. این گونه وسایل قادرند ذرات را در گستره ی قطری ۰.۰۲ تا ۵۰ میکرون نمونه برداری و اندازه گیری کنند.

ذکر این نکته ضروری است که هر دستگاه اندازه گیری قرائت مستقیم یکی از خصوصیات مختلف آئروسولها را سنجش می کند. اندازه ی ذرات، تراکم در واحد حجم، شمارش ذرات، قابلیت بازتاب نور و ترکیب شیمیایی از جمله پارامترهایی است که توسط دستگاه قرائت مستقیم قابل تعیین هستند.

به طور کلی وسایل قرائت کننده مستقیم ذرات را می توان به ۳ دسته تقسیم نمود :

الف) وسایل اپتیکی که بر اساس پخش نور عمل می کنند .

ب) وسایل الکتریکی که بر اساس تمایل ذرات به گرفتن بار الکتریکی عمل می کنند.

پ) وسایلی که بر اساس جذب پرتو بتا و کاهش آن توسط ذرات عمل می کنند.