



نمونه برداری از ذرات

دکتر عبدالرحمان بهرامی – عضو هیأت علمی دانشکده
بهداشت همدان

مقدمه و کلیات

- تعریف نمونه
- اهداف نمونه برداری
- طبقه بندی آلاینده های هوابرد
- انواع آئروسول ها
- سؤالات اساسی قبل از نمونه برداری
- ضرورت کالیبراسیون
- تعریف واژه ها

Table 8-A. General Types of Particulate Matter (PM)

<i>Type of PM</i>	<i>Sub-Type</i>	<i>Defining Characteristic</i>	<i>Examples/Sources</i>
Dusts	General	Produced by mechanical action on larger pieces of the material (e.g., grinding, cutting, tearing)	Lead dust while scraping paint Quartz dust when jack hammering
	Fibers	Dust classified because of its shape as long thin tendrils	Asbestos Ceramic fibers Fiberglass
	Biological (not micro-organisms)	Typically organic dusts created by disturbance of plant or animal materials	Wood dust Cotton dust Animal dander
	Radioactive	Radiotoxicity is often more significant than chemical toxicity	Radon progeny Radioactive waste Uranium
Mists	General	Droplets of liquid. Always defined in the context of an aerosol. Created by mechanical action breaking liquid into small particles	Droplets from bubbling dip tanks Paint overspray
	Fog	Droplets of liquid caused by recondensation of vapor	Boiling acids in chemical digestion
Fume	All	Formed by the evaporation and rapid condensation of metal vapor into very small particles	Welding Arc or torch cutting Foundry work
Biological agents	All	These include living and non-living agents that may be allergenic, toxigenic or infectious	Bacteria (and related organisms) Viruses Fungal spores Prions
Smokes	All	Smokes are the products of incomplete combustion of organic materials. Created by vaporization of organic material with subsequent condensation. Sometimes used interchangeably with "fumes"	Diesel exhaust Coke or coal powered furnaces Human tissue during laser surgery Second-hand cigarette smoke

Table 8–G. Some TLVs® with Respirable Particulate Mass (RPM) Standards

<i>Particulate Matter</i>	<i>TLV RPM (mg/m³)</i>	<i>Comments</i>
Cadmium	0.002	RPM TLV, but not part of OSHA standard
Coal Dust (Anthracite)	0.4	Under OSHA, limit is: $\frac{2.4 \text{ mg/m}^3}{\% \text{ SiO}_2 + 2}$ where quartz is <5%, otherwise use OSHA quartz formula
(Bituminous)	0.9	
Diquat Dibromide	0.1	An herbicide, also has nonrespirable TLV
Graphite	2.0	All forms except fibers
Kaolin	2.0	Under OSHA, standard still only exists in mppcf units.
Mica	3.0	Under OSHA, standard still only exists in mppcf units
Paraquat	0.1	A pesticide, also nonrespirable TLV
Particulates not otherwise classified (PNOC)	3.0	Under OSHA, 5 mg/m ³
Silica:		
Free crystalline (quartz, tridymite, cristobalite)	0.05	In Federal OSHA, the quartz standard is given by: $\frac{10 \text{ mg/m}^3 \text{ (total respirable dust)}}{\% \text{ SiO}_2 + 2}$ which is equal to essentially 0.1 mg/m ³ for pure quartz. Tridymite and cristobalite limits are given as 1/2 the quartz standard. Limits for amorphous forms are given by: $\frac{80 \text{ mg/m}^3 \text{ (total respirable dust)}}{\% \text{ SiO}_2}$
Tripoli	0.1	
Fume	2.0	
Fused	0.1	
Diatomaceous earth	3.0	
Soap Stone	3.0	Also nonrespirable TLV
Talc	2.0	Not containing asbestos. Under OSHA, standard still only exists in mppcf units.

نمونه برداری از ذرات

روش نمونه برداری معمولاً طولانی مدت هستند. روش های آبی برای ذرات متداول نبوده و از اعتبار کمتری برخوردار هستند.

مکانیسم های متداول در نمونه برداری از ذرات هوابرد:

- Filtration فیلتراسیون (صاف کردن)
- Impaction and Impingement جمع آوری ذرات از طریق برخورد
- Electrostatic precipitation رسوب دادن ذرات به روش الکترواستاتیک
- Thermal precipitation رسوب دادن ذرات به روش حرارتی
- Centrifugal collection جمع آوری ذرات به روش گریز از مرکز
- Elutriation جمع آوری ذرات به روش ته نشینی (الوتراسیون)
- Direct reading methods روشهای قرائت مستقیم

Table 16-C. Sampling Techniques for Collection of Airborne Particulates

Sampling Technique	Force or Mechanism	Examples
Filters	Combination of inertial impaction, interception, diffusion, electrostatic attraction, and gravitational forces	Various types and sizes of fibrous, membrane, and nucleopore filters with holders
Impactors	Inertial-Impaction on a solid surface	Single- and multijet cascade impactors and single-stage impactors
Impingers	Inertial-Impingement and capture in liquid media	Greenburg-Smith and midget impingers
Elutriators	Gravitational separation	Horizontal and vertical elutriators
Electrostatic precipitation	Electrical charging with collection on an electrode of opposite polarity	Tube type, point-to-plane, and plate precipitators
Thermal precipitation	Thermophoresis-Particle movement under the influence of a temperature gradient in the direction of decreasing temperature	Various devices for particulate collection for microscopy analysis
Cyclones	Inertial-Centrifugal separation with collection on a secondary stage	Tangential and axial inlet cyclones in varying sizes

(Reprinted from *Occupational Respiratory Diseases*, Pub. no. DHHS (NIOSH) 86-102, 1986.)

فیلتراسیون

- مکانیسم فیلتراسیون: عمده ترین مکانیسم است و با عبور هوای حاوی آلاینده از روی فیلتر نمونه گیر بصورت مستقیم ذرات روی فیلتر جمع آوری می شوند و عمدتاً برای جمع آوری ذرات کل از آن استفاده می شود.

دلایل عمده استفاده گسترده از فیلتراسیون:

- هزینه کمتر در مقایسه با دیگر روشها
- سهولت جمع آوری نمونه
- قابلیت نگهداری نمونه ها برای مدت طولانی قبل از تجزیه
- آیا روش فیلتراسیون فقط برای ذرات کاربرد دارد؟
- با آغشته نمودن سطح فیلتر می توان بعضی از گازها و بخارات را نیز نمونه برداری کرد.
- آغشته نمودن فیلتر فایبر گلاس به اسید سولفوریک برای نمونه برداری از ۴و۲ تولوئن دی آمین

فیلتراسیون

- در روش فیلتراسیون حجم مشخصی از هوای حاوی ذرات از میان یک فیلتر عبور می نماید.
- فیلتر خلل و فرج های ریزی دارد. در صورتیکه قطر ذرات بزرگتر از خلل و فرج بستر فیلتر باشند بر روی آن جمع آوری خواهند شد.
- برخی از ذرات نیز به داخل منافذ فیلتر نفوذ کرده، در آنجا متوقف شده و جمع آوری می شوند.

مشخصات فیلتر:

- قطر منافذ فیلتر (Pore Size) بر حسب میکرون
- قطر خود فیلتر بر حسب میلی متر
- جنس فیلتر

بستر های نمونه گیر (فیلتر ها) :

فیلتر بهترین بستر نمونه گیر برای جمع آوری ذرات است. انتخاب فیلتر به خاصیت فیزیکی و شیمیای ذرات و نیز روش تجزیه آن بستگی دارد در حین عبور هوا از روی فیلتر ذرات در خلل فرج فیلتر به دام افتاده و جمع آوری و مورد تجزیه قرار می گیرند انواع اصلی فیلتر ها شامل موارد زیر است:

1. فیلتر های PVC ذرات غبار معمولی و سیلیس
2. فیلتر های فایبرگلاس ذرات و آفت کش ها
3. فیلتر های غشایی سلولزی فیوم ها یا ذرات فلزی والیاف آزبست
4. فیلتر های غشائی نقره ای تجزیه سیلیکا
5. فیلتر های پلی تترا فلوئورواتیلن PTFE نمونه برداری آرد

فیلترهای متداول در نمونه برداری آئروسول ها

- فیلترهای سلولزی
- فیلترهای فایبر گلاس
- فیلترهای پلاستیکی
- فیلترهای غشایی
- فیلترهای غشایی نقره ای
- فیلترهای نوکلئو پور
- فیلترهای تفلونی

Table 16-D. *Selected NIOSH-Recommended Filters*

<i>Chemical</i>	<i>NIOSH Sampling Method No.</i>	<i>Filter</i>	<i>Analytical Method</i>
Copper	7300	MCE	Atomic emission spectroscopy
Carbon black	5000	PVC	Gravimetric
Mineral oil mist	5026	PVC or MCE	Infrared spectrophotometry
Asbestos	7400	25-mm MCE	Phase contract microscopy
Arsenic trioxide as As	7901	Na ₂ CO ₃ -impregnated MCE	Atomic absorption, graphite furnace
(2,4-Dichlorophenoxy) acetic acid	5001	GF	High-pressure liquid chromatography

Typical Air Sampling Filter Materials

Filter Material	Characteristics	Typical Applications
Glass fiber	High particulate retention and wet strength	Gravimetric analysis
Polyvinylchloride (PVC)	Low tare weight	Gravimetric analysis
Mixed cellulose ester (MCE)	Dissolves easily	Metals and fibers
Gelatin	High moisture content, can be pre-sterilized	Airborne microbes
Teflon	Strong and chemically resistant	Acids, bases, and solvents
Polycarbonate	Glass-like surface, transparent and straight-through pores	Gravimetric and microscopic analyses

Table 8-E. Filter Particulate Matter Collection Media Used in Industrial Hygiene

Plain Filters	Diameters / Pore sizes	Uses
Cellulose	37 mm / undefined	Radioactive particles
Mixed cellulose ester	25–47 mm / 0.45–1.2 μm	Welding fume, asbestos, lead, cadmium, beryllium, sodium hydroxide mist
PVC	25–47 mm / 0.8–5.0 μm	Gravimetric dust, chromium paint overspray, silica, aluminum oxide, cotton dust
Glass fiber	13–47 mm / 1.0 μm	PCB mist, carbaryl, chloramphenicol
Polycarbonate	25–47 mm / 0.4–0.8 μm	Asbestos for TEM
Silver membrane	25–37 mm / 0.45–0.8 μm	Coke oven emissions
Teflon	13–47 mm / 0.45–5.0 μm	Assorted polynuclear aromatic hydrocarbons (as in soot, diesel exhaust, petroleum asphalt fumes, cigarette smoke)
Nylon	25–37 mm, 1.0 μm pore size	
Quartz	37–47 mm / undefined	Diesel particles
Coated Filters	Characteristics	Examples
Glass fiber/sulfuric acid	Stabilized MOCA on filter	4-amino biphenyl 4,4-methylene dianiline MOCA Arsenic trioxide
Mixed cellulose ester/ sodium carbonate		
Glass fiber/1-(2-pyridyl) piperazine	Chemical reaction with isocyanates to stabilize them on filter	Toluene, diisocyanates, methylene, diphenylisocyanate, 1 and 2 naphthylamine
Unusual Filters	Characteristics	Examples
OSHA versatile sampler	Combination vapor/particle collectors. Filter portion may be glass or quartz fibers	Pesticides, organo-tin compounds, TNT, DNT, phthalate esters, glycols
Polyurethane foam (PUF) tubes	Very thick plugs of foam are used to collect mist phase of mixed vapor/mist	Pesticides, PCBs, dioxins, polynuclear aromatic hydrocarbons (area samplers)

فیلترهای سلولزی

از خمیر سلولز تهیه شده اند.

○ خصوصیات این فیلترها :

○ ارزان

○ قدرت کششی خوب

○ حجم خاکستر کم

○ اندازه های متنوع

○ مهم ترین عیب این فیلترها جذب رطوبت زیاد و مقاومت زیاد آنها در برابر جریان هوا است (افت فشار زیادی دارند)

فیلترهای فایبر گلاس

فیلترهای فایبر گلاس:

در افت فشار یکسان نسبت به فیلترهای سلولزی راندمان جمع آوری زیادی دارند.

مزایای فیلترهای فایبر گلاس:

تامین دبی ثابت در طول نمونه برداری

تحت تاثیر رطوبت قرار نمی گیرند.

مقاومت خوب در برابر حرارت

واکنش پذیری کم در برابر اغلب آلاینده ها

مناسب برای عمده آنالیزهای وزن سنجی

معایب فیلترهای فایبر گلاس:

برای نمونه برداری از سیلیس آزاد مناسب نیستند (حاوی سیلیس هستند)

قدرت مکانیکی کم

نسبتا گران

ترکیباتی که توسط فیلترهای فایبر گلاس جمع آوری می شوند

آلدرین، مالاتیون، پاراتیون، بنزیدین، اتیلن گلیکول، جیوه، میست های روغن معدنی

فیلتر PVC

- مقاومت خوب در برابر اسیدها و بازها
- عدم جذب قابل توجه بخار آب
- استفاده برای جمع آوری ذراتی مثل سیلیس
- قابل استفاده در روش آنالیز دیفراکسیون اشعه ایکس جهت تشخیص ساختارهای کریستالی
- استفاده برای روشهای وزن سنجی

فیلترهای پلاستیکی

- فیلترهای پلاستیکی از رشته های پلی استیرن و پلی کلرووینیل ساخته می شوند.
- از نظر عملکرد شبیه فیلترهای فایبر گلاس هستند.
- راندمان جمع آوری این فیلترها زیاد است
- مقاومت کم نسبت به جریان هوا
- علاوه بر مزایای فیلترهای فایبر گلاس در حلال های مشخصی مثل استن حل می شوند.
- معایب این فیلترها:
- قدرت مکانیکی ضعیف کاهش راندمان جمع آوری در حضور قطرات مایع

فیلترهای غشایی استر سلولزی

- از جنس استر استات و استر نیترات هستند
- فیلتر مخلوط استر سلولز MCE: Mixed Cellulose Ester
- افت فشار فیلترهای غشایی نسبت به فیلترهای فایبر گلاس و سلولزی مشابه ، بیشتر است. برای جمع آوری ذرات فلزات و آزبست استفاده می شود. دارای پورسایز $0.4-0.8 \mu\text{m}$
- مزایای فیلترهای غشایی:
 - راندمان جمع آوری بالا
 - عدم ایجاد تداخل در هنگام تجزیه شیمیایی (به علت محدود بودن ترکیب شیمیایی این فیلترها)
- معایب فیلترهای غشایی:
 - نازکی و تردی
 - افت فشار نسبتا زیاد
- مسدود شدن بوسیله قطرات مایع

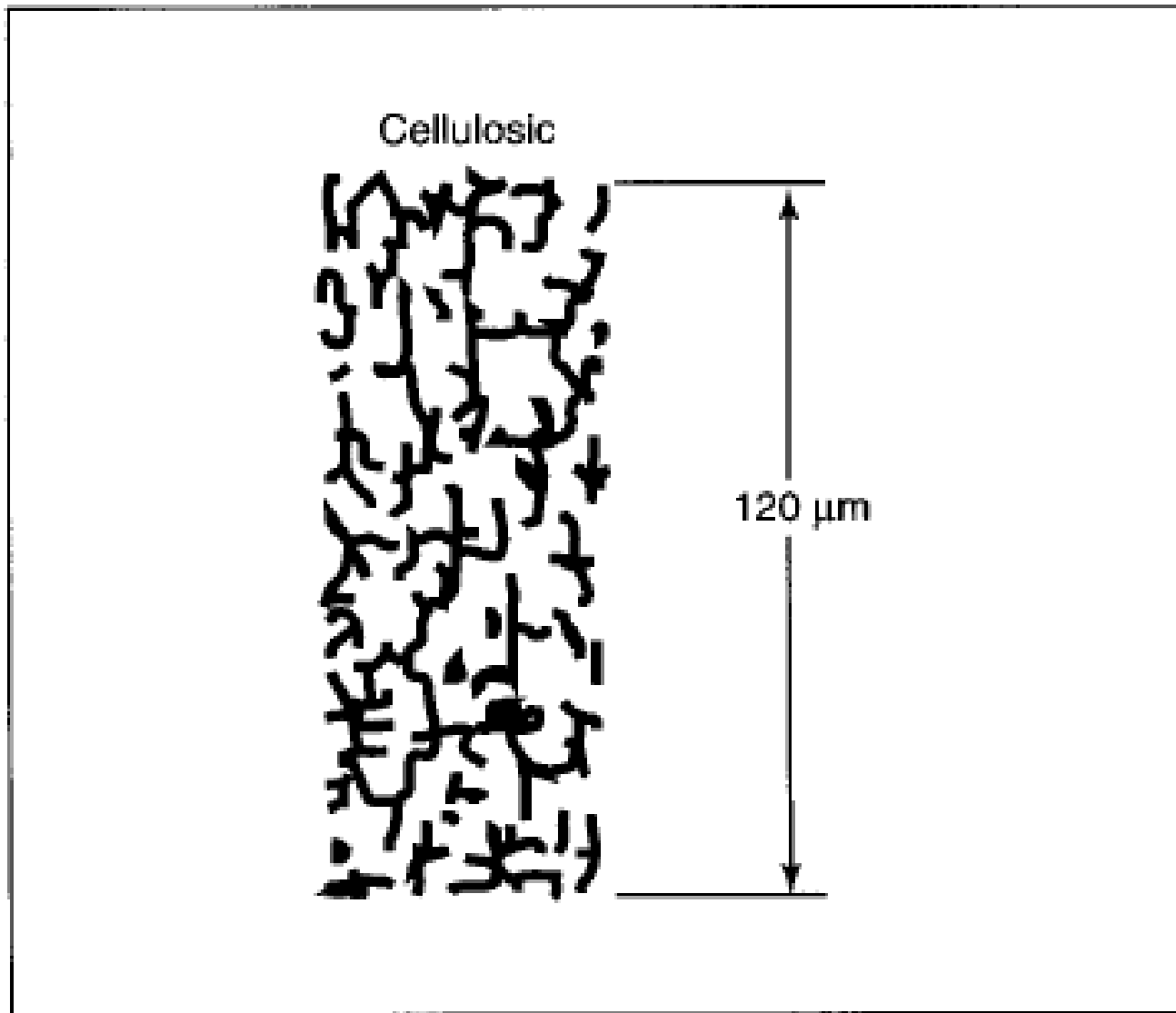


Figure 5-7: Cross-section through an MCEF filter. Filters are not sieves, but are more like mazes into which particles are pulled and become trapped.

فیلترهای غشایی نقره ای

- در ساخت این فیلترها از فلز نقره استفاده شده است برای جمع آوری آئروسول های مایع مناسب هستند. (برخلاف فیلترهای سلولزی یا غشایی)
- در محیطی که H_2S وجود دارد نمی توان استفاده کرد. (تشکیل سولفید نقره)
- برای تجزیه کوارتز با روش پراش اشعه ایکس (XRD) استفاده می شود.

فیلترهای نوکلئوپور

- دارای منافذ استوانه ای شکل با قطر یکنواخت هستند.
- شفاف هستند و ثبات حرارتی و شیمیایی خوبی دارند. و افت فشار زیادی ایجاد می کنند.
- مقاومت شان در برابر جریان هوا همانند فیلترهای غشایی است
- این فیلترها دارای بنیان پلی کربناته و پلی استر هستند. در نتیجه مقاومت شان زیاد است .
- بدین جهت نوکلئوپور گفته می شوند که برای دستیابی به پور سائز مناسب منافذ این فیلترها از طریق بمباران نوترونی ایجاد می شود

فیلترهای تفلونی

- فیلتری از جنس پلیمری است.
- تفلون (PTFE): پلی تترافلورو اتیلن
- شبیه فیلترهای PVC است. از لحاظ شیمیایی، مقاوم بوده هیدروفوبیک است.
- کاربرد برای نمونه برداری از هیدروکربنهای آروماتیک (مثل بنزوپیرن که از قیر یا آسفالت داغ منتشر می شود)

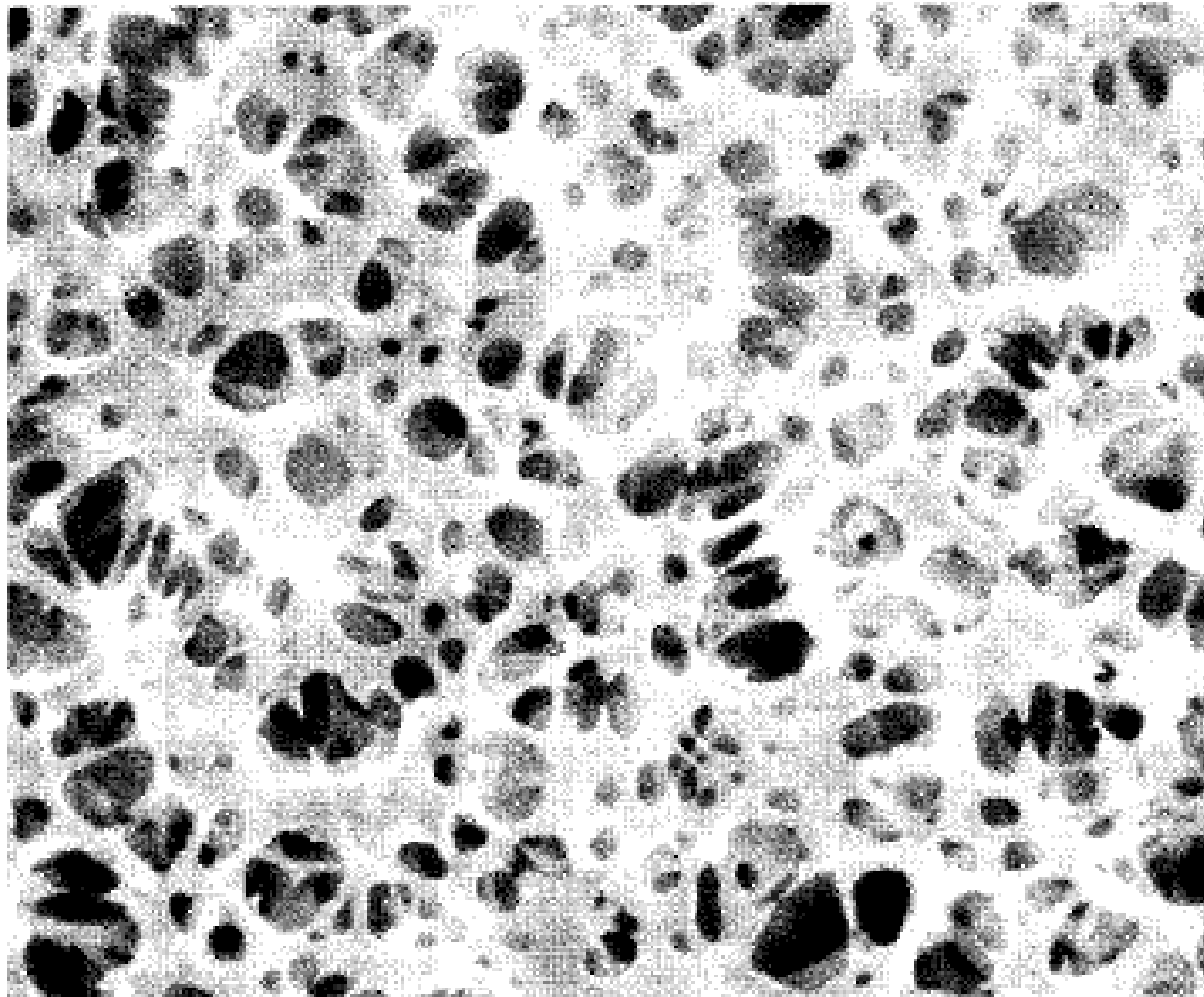


Figure 5-6: Photomicrograph of the surface of an air sampling filter. Filters used for collection of airborne particulates do not merely gather material on the surface; some particulate is actually deposited within the filter.

مشکلات نمونه برداری با فیلترها

○ اضافه بار شدن Overloading

- جمع شدن مقدار زیاد ذرات بر روی فیلتر که باعث خطا در نتیجه گیری می شود.

○ الکتریسیته ساکن Static Electricity

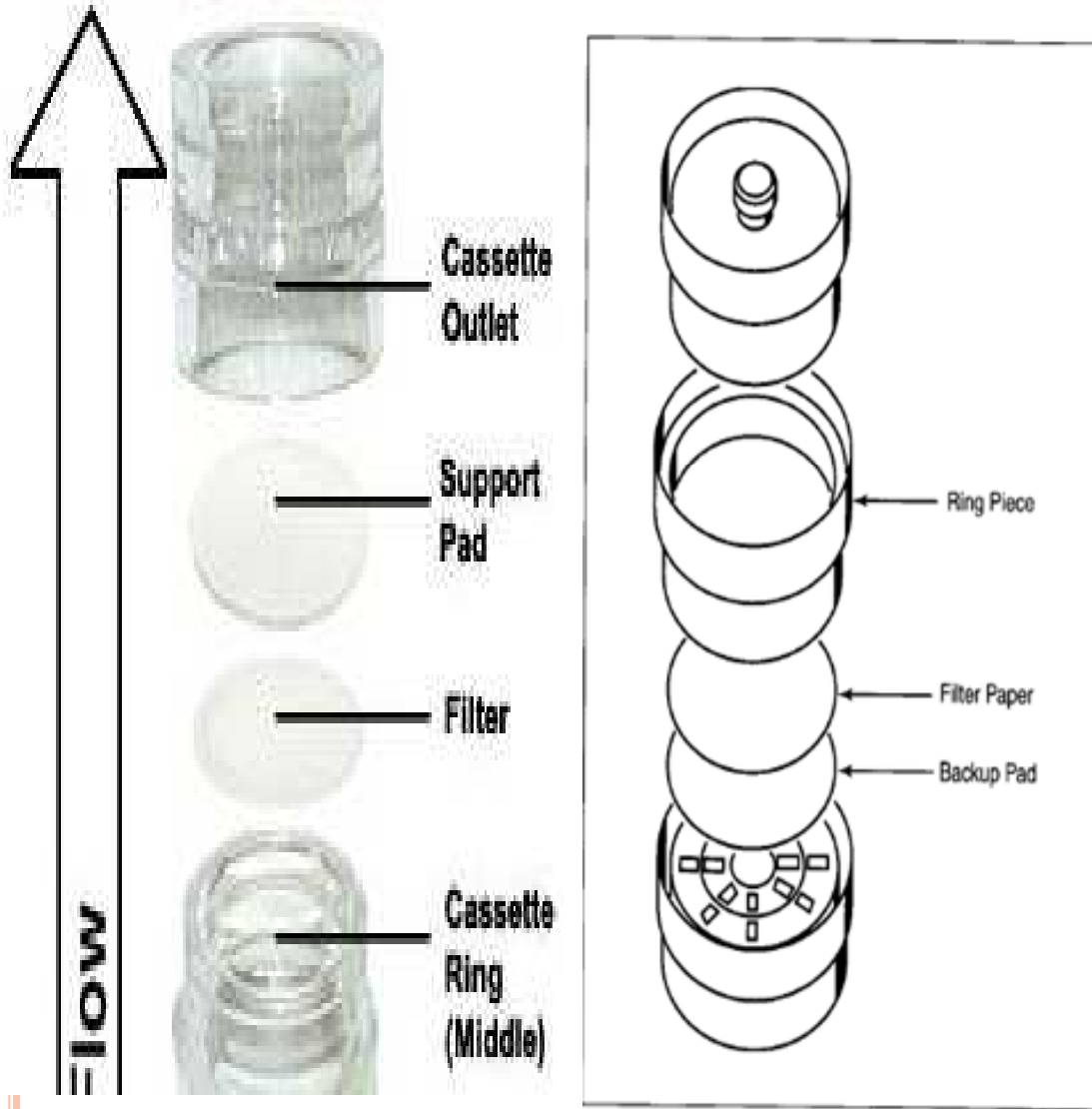
- جمع شدن بار الکتریکی بر روی فیلتر باعث خطا در آنالیزهای وزن سنجی می شود.

○ آسیب پذیری فیزیکی ناشی از رطوبت Moisture or physical damage

○ آلوده شدن با عوامل مداخله گر

Contamination with interfering substances

هولدرهای نمونه برداری از ذرات کل براساس مکانیسم فیلتراسیون



جمع آوری ذرات از طریق برخورد

○ اساس این روش :

- هرگاه جریان هوای حاوی ذرات به صفحه ای برخورد کند، در جهت جریان تغییر ناگهانی ایجاد می شود و ذرات نمی توانند مسیر حرکت هوا را تعقیب نمایند و در نتیجه بر روی سطح جمع آوری می شوند.
- به وسایلی که بر اساس پدیده برخورد به سطح جامد کار می کنند ایمپکتور گفته می شود.
- ایمپکتورها معمولا چند ساخته می شوند تا ذراتی را که اندازه های مختلفی دارند در صفحات مختلف جمع آوری نمایند
- کونیمتر و کاسکید ایمپکتور نمونه ای از وسایل این گروه هستند.

PM IN INDOOR AIR USING A PERSONAL IMPACTOR



SIOUTAS IMPACTOR

- Developed by researchers at the University of S. California to collect data on the relationship between outdoor and indoor PM levels and to assess personal exposures.
- Designed to partner with a pump at 9 L/min for 24-hr.



مکانیسم برخورد

PERSONAL CASCADE IMPACTOR

Four impaction stages
and after-filter:

- 2.5-10 μm
- 1.0-2.5 μm
- 0.5-1.0 μm
- 0.25-0.5
- <0.25 μm



کونیمتر KONIMETER

- کونیمتر در واقع یک ایمپکتور یک مرحله ای می باشد.
- ساختمان کونیمتر:
- از یک پمپ پیستونی و یک صفحه دایره ای شکل تشکیل شده است.
- صفحه جمع آوری با لایه نازکی از ماده چسبنده روکش شده است. هوا توسط پمپ پیستونی با فشار از طریق یک روزنه و با سرعت زیاد به صفحه ای که در نزدیکی روزنه قرار دارد، برخورد می نماید.
- صفحه مورد نظر گردان بوده و به ۳۰ قسمت مساوی برای شمارش ذرات تقسیم شده است. پس از شمارش نتیجه به صورت "تعداد ذرات در میلی لیتر هوا" گزارش می شود

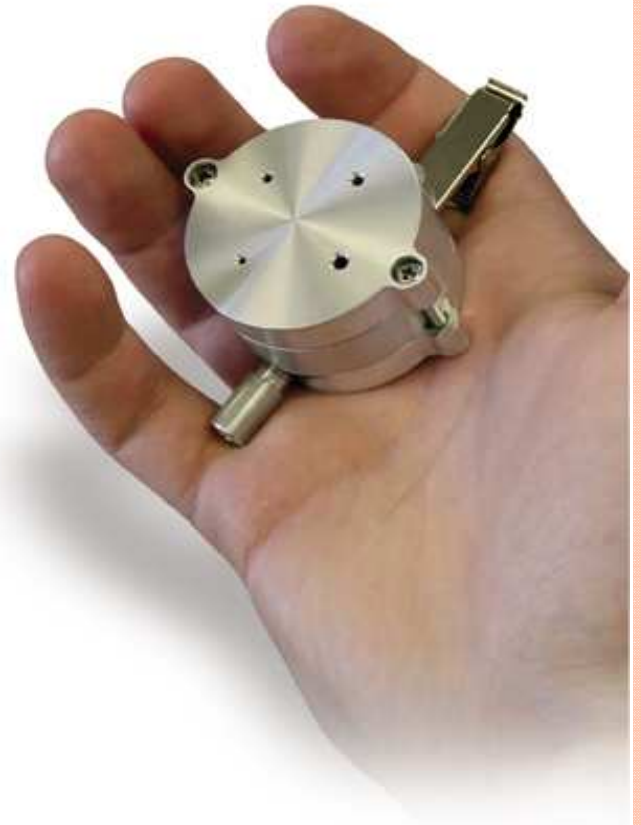
کاسکید ایمپکتور CASCADE IMPACTOR

- برای تعیین تراکم ذرات و همچنین تعیین اندازه ذرات طراحی شده است.
- از یک سری ۴ تایی جت (Jet) تشکیل شده است که بر روی صفحه شیشه ای عمود می باشند.
- روزنه جت ها به طور متوالی کوچکتر می شود (ذراتی که اندازه های متفاوتی دارند بر روی صفحات جداگانه ای جمع آوری شوند)
- نمونه های جمع آوری شده توسط میکروسکوپ شمارش شده یا تعیین وزن می شوند.
- نمونه بردار اندرسن (Anderson Ambient Sampler)
- ذرات را در ۸ مرحله جداسازی کرده و آماده تجزیه می کند.
- ایمپینجرها بر اساس اصل Impingement کار می کنند. در ایمپینجر ذرات به سطح مایع برخورد کرده و پس از جمع آوری در مایع مطالعه میکروسکوپی بر روی آنها انجام می گیرد.

NEW THORACIC SAMPLER

Parallel Particle Impactor (PPI)

- Designed to give a precise match to the thoracic definition
- Has 4 internal impactors in one sampler
- Used with any suitable 37-mm filter at 2 L/min



PPI SCHEMATIC

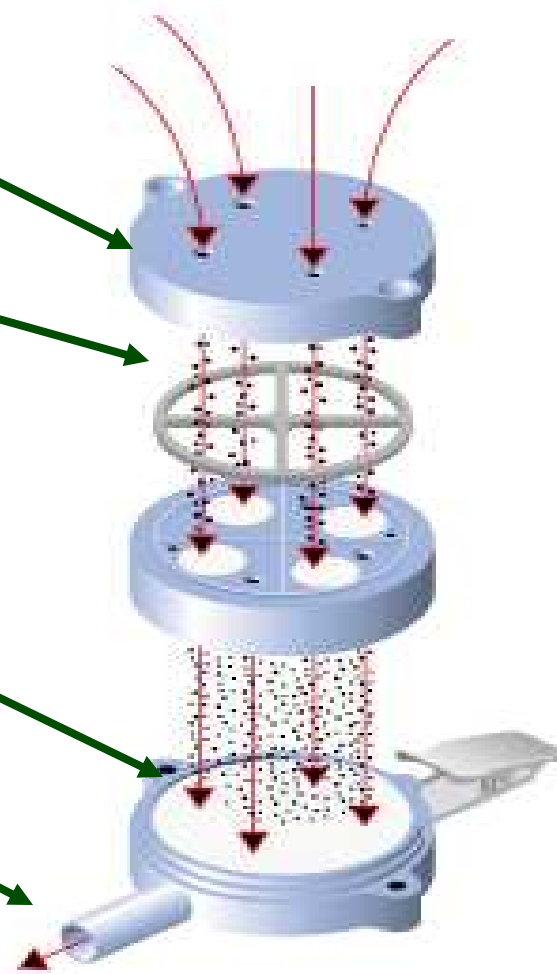
صفحه با ۴ اریفیس ورودی با سایزهای مختلف

صفحه یکبار مصرف با سطوح برخوردی
پلاستیکی متخلخل چرب شده و
اریفیسهای خروجی

فیلتر اصلی (۳۷mm) همراه با توری یا
صفحه پشتیبان

خروجی به سمت پمپ

2 LPM



رسوب دادن ذرات به روش الکترواستاتیک

- رسوب دهنده های الکترواستاتیکی (Electrostatic precipitator) در مقیاس بزرگ: برای کنترل ذرات در صنایع
- در مقیاس کوچک: برای رسوب ذرات موجود در هوا
- کار این دستگاه در ۲ مرحله ای است: در مرحله اول ذرات باردار شده و در مرحله دوم جمع آوری می شوند.
- ذرات جمع آوری شده یا وزن می شوند یا تحت مطالعه میکروسکوپی قرار می گیرند.
- نکته ایمنی: در محیط هایی که گازها و بخارات قابل اشتعال و انفجار وجود دارد نمی توان استفاده کرد.
- نکته بهداشتی: در طی پدیده باردار کردن ممکن است ازن تولید شود (گاز محرک)

رسوب دادن ذرات به روش حرارتی

- در رسوب دهنده های حرارتی دو سطح سرد و گرم وجود دارد و ذرات به علت اختلاف درجه حرارت بین دو سطح از هوا جدا شده و بر روی سطح سرد ته نشین می شوند.
- ترموفورزیس: حرکت ذرات از سمت جسم گرم به سمت جسم سرد تحت گرادیان دمایی
- فاصله بین سطح داغ (سیم) و سطح سرد بسیار کم و معمولا کمتر از ۲ میلی متر است.
- ذرات جمع آوری شده تحت مطالعه میکروسکوپی قرار می گیرند
- کارآیی وسیله برای ذرات کوچکتر از ۵ میکرون قابل قبول است.
- در صورتیکه برای جمع آوری میست استفاده شود، نباید دما بالا باشد.

جمع آوری ذرات به روش ته نشینی (الوتراسیون) یا صاف و خالص کردن

- وسایل این گروه (الوتریاتورها) ذرات را بر اساس نیروی ثقل آنها جدا می کنند.
- در الوتریاتورها یکدسته صفحات بسیار نازک آلومینیومی وجود دارد که با فواصل مساوی و معینی در یک کانال چهارگوش قرار گرفته اند و هوا با سرعت معینی از آنها عبور می کند.
- الوتریاتورها به دو شکل هستند:
- الوتریاتور افقی **Horizontal Elutriator**
- الوتریاتور عمودی **Vertical Elutriator**
- اساس کار الوتریاتور: هنگام عبور هوا از کانال این وسیله، ابتدا ذرات درشت تر ته نشین می شوند. ذرات کوچکتر در هوا معلق بوده و پس از مدتی با توجه به جرم و سایزشان در طول کانال از هوا جدا شده و ته نشین می شوند.

هگزلت (HEXLET)

- وسیله ای است که از اصل الوتراسیون برای جداسازی ذرات استفاده می کند. یک نوع الوتراسیون افقی است
- برای نمونه برداری ذرات قابل استنشاق از هوا استفاده می نماید.
- جداسازی در ۲ مرحله انجام می گیرد. مرحله نخست ذرات غیر قابل استنشاق از هوا جدا شده و در مرحله دوم ذرات قابل استنشاق بر روی فیلتری به نام فیلتر انگستانه ای ته نشین می شوند.
- فیلتر از دستگاه جدا شده و مطالعات لازم بر روی آن انجام می گیرد

روشهای قرائت مستقیم ذرات

- پاسخ این وسایل غیر اختصاصی است.
- (این دستگاهها صرفنظر از ماهیت ذره نسبت به یکی از خصوصیات ذره (سایز، شکل یا جرم) واکنش نشان می دهد.
- این وسایل تراکم ذرات را بوسیله مکانیسم هایی مانند
- فتو متری (Aerosol photometry)
- پخش نور (Light scattering)