

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

## تکنولوژی آئروسولها

ویژگیها، رفتار و اندازه گیری ذرات هوا برده  
(جلد اول)

تالیف:

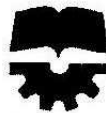
ویلیام سی. هیندز

مترجمین:

صادق حضرتی

مهدی فضلزاده

بهزاد سرانجام



نشر فن آوران

## Hinds, William C

سرشناسه	: هایندز، ویلیام سی.
عنوان و نام پدیدآور	: تکنولوژی آئروسول‌ها: ویژگی‌ها، رفتارها و اندازه‌گیری ذرات هواپرد/تالیف ویلیام سی. هیندز؛ مترجمین صادق حضرتی، مهدی فضل‌زاده، بهزاد سرانجام.
مشخصات نشر	: تهران: فن‌آوران، ۱۳۹۷ -
مشخصات ظاهری	: ج: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: 978-600-319-142-6۱ ج: ۵۰۰۰۰۰۰۰ ریال: ج.
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: عنوان اصلی: Aerosol technology : properties, behavior, and measurement of airborne particles, 2nd, ed, c1999
موضوع	: آئروسول‌ها
موضوع	: Aerosols
موضوع	: آئروسول‌ها -- اندازه‌گیری
موضوع	: Aeerosols -- Measurement
شناسه افزوده	: حضرتی، صادق، ۱۳۴۵ - مترجم
شناسه افزوده	: فضل‌زاده، مهدی، ۱۳۶۳ - مترجم
شناسه افزوده	: سرانجام، بهزاد، ۱۳۶۲ - مترجم
رده بندی کنگره	: QC۸۸۲/۱۳۹۷۴۲ ۸۵۲ت/۵۲
رده بندی دیویی	: ۵۳/۶۲۸
شماره کتابشناسی ملی	: ۵۱۲۲۲۶۷..



نشر فن‌آوران

## تکنولوژی آئروسول‌ها

مؤلفین: صادق حضرتی - مهدی فضل‌زاده - بهزاد سرانجام

- نوبت چاپ: اول ۱۳۹۶
- چاپ و صحافی: عطا
- شمارگان: ۳۰۰ نسخه
- شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۳۱۹-۱۴۲-۶

قیمت: ۵۰۰۰۰ تومان

انتشارات فن‌آوران: تهران، خیابان انقلاب، مقابل دانشگاه تهران، پاساژ فروزنده، شماره ۱۱۸

تلفکس: ۶۶۹۵۳۹۹۸ تلفن: ۶۶۹۷۵۱۸۲

WWW.FANAVARAN-PUB.IR فروشگاه اینترنتی Email: fanavarant2008ir@yahoo.com

این اثر، مشمول قانون حمایت مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است، هر کس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه مؤلف (ناشر) نشر یا پخش یا عرضه کند مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

## مقدمه چاپ اول

در محیط اطراف ما ذرات هوابرد وجود دارند. آنها در اشکال مختلف نظیر گردوغبار، فیوم، میست، دود، اسماگ و دمه هستند. این آئروسول‌ها بر بینایی، آب و هوا و سلامت و کیفیت زندگی ما تأثیر می‌گذارند. این کتاب ویژگی‌ها، رفتار و اندازه‌گیری آئروسول‌ها را پوشش می‌دهد.

این کتاب برای افراد شاغل در بهداشت صنایع، کنترل آلودگی هوا، حفاظت پرتو و یا علوم محیطی که در شغل خود می‌بایستی ذرات آئروسول را کنترل، ارزیابی و اندازه‌گیری کنند، به عنوان پایه و اساس محسوب می‌شود. این کتاب در سطحی نگارش شده است که برای حرفه‌ای‌ها، دانش‌آموختگان و دانشجویان تحصیلات تکمیلی مناسب باشد. همینطور فرض شده است که دانشجو پیش‌زمینه مناسبی از شیمی و فیزیک و مفاهیم محاسباتی دارد. اگرچه این کتاب برای دانشمندان آئروسول نوشته نشده است، اما در کارهای مطالعاتی آنها کمک کننده خواهد بود و مقدمه‌ای برای دانشجویانی که در این زمینه تحقیق می‌کنند را فراهم می‌کند. تصمیم در مورد عناوین موجود در کتاب بر اساس کاربرد عملی علم آئروسول می‌باشد که بر پایه درک مفاهیم شیمی و فیزیک، که زیربنای رفتار آئروسول‌ها و ابزار مورد استفاده برای اندازه‌گیری آنها است، می‌باشد.

اگرچه این کتاب بر آنالیزهای فیزیکی بیشتر از آنالیزهای ریاضیاتی تأکید دارد، یکی از جنبه‌های مهم تکنولوژی آئروسول توصیف کمی رفتار آئروسول می‌باشد. برای این منظور ۱۵۰ سوال را در پایان فصول گنجانده‌ام. آنها ابزار مهمی برای یادگیری چگونگی بکارگیری اطلاعات ارائه شده در این کتاب می‌باشند. به علت کاربردی بودن کتاب، عموماً فاکتورهای اصلاح و خطاهای کمتر از ۱٪ در نظر گرفته نشده‌اند و تنها ۲ یا ۳ شکل مهم در جداول نشان داده شده است.

دانشمندان آئروسول از نیاز به فهم پایه بهتر ویژگی‌ها و رفتارهای آئروسول در میان محققین آگاه بودند. در نگارش این کتاب، علاوه بر ارائه متنی مناسب برای دانشجویان، تلاش کرده‌ام این نیاز را نیز برآورده سازم. این کتاب حاصل دست نوشته‌های آماده شده در طول ۹ سال تدریس تکنولوژی آئروسول برای دانشجویان در دیپارتمان علوم بهداشت محیط در دانشکده بهداشت دانشگاه هاروارد می‌باشد.

فصل‌ها بر اساس تدریس در کلاس مرتب شده‌اند و با مکانیسم‌های ساده شروع و به اهداف پیچیده‌تر ادامه پیدا می‌کند. آمار ذرات تا درک کامل دانشجویان از ویژگی‌های ذرات و احساس نیاز برای طبقه‌بندی آماری نگه داشته شده است. کارکردها در هر فصل بعد از ارائه اصول بحث شده‌اند. کارکردهای پیچیده‌تر نظیر فیلتراسیون و رسوب تنفسی بلافاصله بعد از معرفی اصول پایه‌ای مربوطه بیان شده‌اند. اصول انواع مختلف ابزارهای اندازه‌گیری به صورت عمومی و ساده توضیح داده شده‌اند که فرد می‌تواند داده را از طریق آنها تفسیر و تفاوت نتایج مابین ابزارها را توضیح دهد.

بحث در مورد ابزار خاص محدود شده است، زیرا که سرعت تغییر می‌کنند و یخوبی در ویرایش پنجم کتاب ابزارهای نمونه‌برداری هوا<sup>۱</sup>، ویرایش پنجم، ACGIH، سینسیناتی، (۱۹۷۸) ارائه شده است. ویرایش بعدی بهترین مقایسه با این کتاب خواهد بود. چندین منبع عمومی در انتهای هر فصل ارائه شده است. جداول و اشکال در ضمیمه‌ها برای کمک به حل سوالات پایان هر فصل قرار داده شده‌اند.

با وجود اینکه افراد زیادی در این کتاب نقش داشته‌اند، باید به طور مخصوص از Klaus Willeke از دانشگاه سینسیناتی که دست نوشته‌ها را مرور و پیشنهادات مفید زیادی داد، همچنین از Kenneth Martin که تصویب‌های SEM را فراهم نمود و Laurie Cassel که به آماده‌سازی و تایپ دست نوشته‌ها کمک نمود، تشکر کنم.

ویلیام سی. هیندز

بوستون، ماساچوست

فوریه ۱۹۸۲

---

<sup>1</sup> Air sampling instruments

## فهرست

فصل ۱. مقدمه .....	۹
۱.۱ تعاریف .....	۱۷
۱.۲ شکل، اندازه و دانسیته ذرات .....	۱۹
۳.۱ غلظت آئروسول .....	۲۳
فصل ۲. خواص گازها .....	۲۹
۱.۲ نظریه جنبشی گازها (تئوری سنتیک گازها) .....	۲۹
۲.۲ سرعت مولکولی .....	۳۳
۳.۲ میانگین فاصله آزاد .....	۳۵
۴.۲ ویژگی‌های دیگر .....	۳۷
۵.۲ عدد رینولدز .....	۴۲
۶.۲ اندازه‌گیری سرعت، میزان جریان و فشار .....	۴۷
فصل ۳. حرکت یکتواخت ذرات .....	۶۲
۱.۳ قانون مقاومت نیوتنی .....	۶۲
۲.۳ قانون استوکس .....	۶۴
۳.۳ سرعت ته‌نشینی و تحرک مکانیکی .....	۶۷
۴.۳ ضریب تصحیح لغزش .....	۷۰
۵.۳ ذرات غیرکروی .....	۷۳
۶.۳ قطر آئروودینامیکی .....	۷۵
۷.۳ ته‌نشینی ذرات در عددهای رینولدز بالا .....	۷۸
۸.۳ ته‌نشینی جنبشی (Stirred) .....	۸۷
۱۰.۳ آئندیکس: مشتقات قانون استوکس .....	۹۴
فصل ۵. حرکت شتابدار ذرات در مسیر مستقیم و به صورت منحنی .....	۱۴۵
۱-۵ زمان استراحت .....	۱۴۵

۱۴۷.....	۵-۲: حرکت شتابدار ذره به صورت خط مستقیم.....
۱۵۱.....	مسافت توقف.....
۱۵۵.....	۵-۴: حرکت منحنی و عدد استوکس.....
۱۵۷.....	۵-۵: برخورد ایترسیایی.....
۱۶۴.....	۵-۶: ایمکتورهای کاسکید.....
۱۷۰.....	۵-۷: ایمکتورهای مجازی.....
۱۷۳.....	۵-۸: وسایل زمان پرواز.....
۱۷۹.....	فصل ۶: چسبندگی ذرات.....
۱۷۹.....	۶-۱: نیروهای چسبندگی.....
۱۸۳.....	۶-۲: جداکردن ذرات.....
۱۸۴.....	۶-۳: باز تعلیق.....
۱۸۶.....	جهش ذرات.....
۱۹۱.....	فصل ۷: حرکت براونی و انتشار.....
۱۹۱.....	۷-۱: ضریب انتشار.....
۱۹۶.....	۷-۲: متوسط مسیر آزاد ذرات.....
۱۹۸.....	۷-۳: جابجایی براونی.....
۲۰۲.....	۷-۴: ته‌نشینی به وسیله انتشار.....
۲۰۸.....	۷-۵: سریهای انتشار.....
۲۱۵.....	فصل ۸: نیروی حرارتی و رادیومتری.....
۲۱۵.....	۸-۱: انتقال حرارتی.....
۲۲۱.....	۸-۲: رسوب دهنده‌های حرارتی.....
۲۲۴.....	۸-۳: نیروهای رادیومتری و گرادیان غلظت.....
۲۲۹.....	فصل ۹: فیلتراسیون.....
۲۲۹.....	۹-۱: ویژگی‌های میکروسکوپی فیلترها.....

۲۳۹.....	۹-۲ بازدهی تک رشته.....
۲۴۱.....	۹-۳ مکانیسم ته‌نشینی.....
۲۴۷.....	۹-۴ بازدهی فیلتر.....
۲۵۳.....	۹-۵ افت فشار.....
۲۵۵.....	۹-۶ فیلتر غشایی.....
۲۵۹.....	فصل ۱۰. نمونه‌برداری و اندازه‌گیری غلظت.....
۲۵۹.....	۱۰.۱. نمونه‌برداری ایزوکینتیک (Isokinetic).....
۲۶۷.....	۱۰.۲. نمونه‌برداری از هوای راکد.....
۲۷۲.....	کاهش انتقال.....
۲۷۳.....	۱۰.۴. اندازه‌گیری غلظت جرمی.....
۲۸۰.....	۱۰.۵. وسایل قرائت مستقیم.....
۲۸۴.....	۱۰.۶. اندازه‌گیری غلظت توده ذرات.....
۲۸۷.....	۱۰.۷. یمپ‌های نمونه‌برداری.....