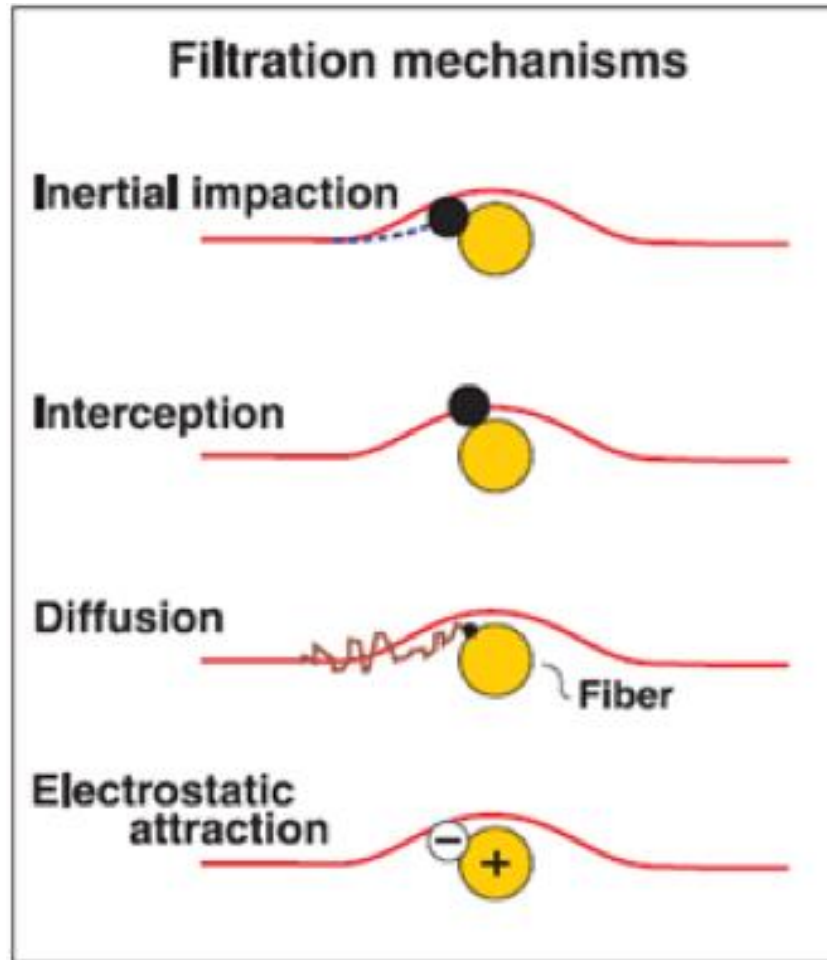


به نام خدا

دینامیک گازها و آئروسول‌ها



کارشناسی پیوسته مهندسی بهداشت حرفه‌ای - ترم ۳

دانشگاه علوم پزشکی نیشابور

دانشکده بهداشت

مهدی جلالی

مربی و عضو هیئت علمی

دانشگاه علوم پزشکی نیشابور



❖ تقسیم‌بندی مواد بر مبنای ساختمان شیمیایی

❖ تقسیم‌بندی بر مبنای حالت فیزیکی

➤ انواع آئروسول‌ها: گردوغبار، فیوم یا دمه، ایاف، دود، آئروسول‌های مایع در هوا، اسموگ، افشانه، خاکستر فرار، بیوآئروسول

❖ تقسیم بندی بر مبنای اثرات فیزیولوژیک

- مواد التهاب آور و محرک همچون آمونیاک، اسید کرومیک، اسید فلوئوریدریک
- مواد خفگی آور همانند دی اکسید کربن و منوکسید کربن
- مواد بیهوشی آور و مخدر همچون هیدروکربن‌ها
- سموم سیستمیک مثل بنزن، فلزات سنگین و شبه فلزها (آرسنیک، فسفر)
- مواد فیروز دهنده یا حساسیت‌زا مثل سیلیس، آزبست، گرده گیاهان



Dust and Gas Technology-3 Session

تولید آئروسل‌ها در
محیط‌های
کاری



✓ بسیاری از فرآیندهای صنعتی با گستره وسیعی از شیوه‌های فیزیکی و شیمیایی، آئروسول‌ها را به یک یا چندین شکل و معمولاً به عنوان یک اثر جانبی از خود فرآیند، تولید می‌کنند.

❖ روش‌های تولید و مکانیسم تشکیل آئروسول‌ها با منشأ مصنوعی:

- تولید مکانیکی آئروسول‌های خشک
- تولید مکانیکی آئروسول‌های قطرات مایع
- ایجاد آئروسول از طریق فرایندهای مولکولی



Dust and Gas Technology-3 Session

تولید آئروسول‌ها در محیط‌های کاری

۱- تولید مکانیکی آئروسول‌های خشک



۱- تولید مکانیکی آئروسول‌های خشک

❖ تولید مکانیکی آئروسول‌ها به شکل ذرات گردوغبار هوابرد به عنوان پیامد بسیاری از فرآیندهای صنعتی رخ می‌دهد.

❖ هنگامی که دو سطح به همدیگر مالیده شوند، شاهد سائیدگی فیزیکی بین آن دو خواهیم بود. برای مثال سائیدن میله‌ای فلزی بر روی یک چرخ سمباده منجر به ایجاد ذرات ریزی ناشی از سایش هر دو سطح (میله فلزی و چرخ سمباده) خواهد گردید.

❖ معمولاً فرآیندهایی که بر این اساس تولید ذرات هوابرد می‌نمایند در اغلب صنایع به وفور وجود دارند.



۱- تولید مکانیکی آئروسول‌های خشک

❖ مثال‌هایی از تولید آئروسول‌های خشک در برخی صنایع

✓ در استخراج معادن: ایجاد حفره و برش صخره‌ها - و در طی عملیات جانبی نظیر: شکستن،

صیقل دادن، سرند کردن، غربال کردن، حمل و نقل و بسته بندی

✓ در صنایع نساجی: در طی باز کردن عدل و کیسه های پنبه - همچنین طی فرایندهای کاردینگ،

حلاجی، ریسندگی و بافندگی

✓ در صنایع شیمیایی: طی فرآوری، حمل و نقل حجم بزرگی از پودرها و تلمبار کردن

✓ در ریخته گری‌ها: طی عملیات ذوب و سندبلاست

✓ در صنایع چوب: طی برش، کار و پرداخت الوارهای سخت و نرم



۱- تولید مکانیکی آئروسول‌های خشک

❖ در مثال‌های مذکور فرآیندهای فیزیکی اصلی در تولید آئروسول عبارتند از:

- ✓ شکسته شدن، خرد شدن و بریده شدن قطعات بزرگ مواد به قطعات کوچک تر و ایجاد سطوح جدید
- ✓ سایش و تکان‌های شدید
- ✓ شکسته شدن نیروهای چسبندگی (مانند نیروهای واندروالسی و الکترواستاتیک)



۱- تولید مکانیکی آئروسول های خشک

❖ فاکتورهای مؤثر در مقدار آئروسول تولیدشده

- ۱- مقدار آئروسول تولیدشده توسط چنین فرآیندهایی به ماهیت و شرایط توده مواد مورد نظر بستگی دارد.
- ۲- برای یک ماده مشخص، مقدار آئروسول تولیدشده با افزایش انرژی فرآیند پخش کننده رو به افزایش خواهد گذاشت.
- ۳- تولید آئروسول حساسیت بالایی به آب دوست بودن ماده دارد (توانایی ماده در جذب آب). جذب آب نیروهای اتصال سطحی را که ماده را بصورت کلوخه نگه می دارد تحت تأثیر قرار می دهد.
- ۴- تردی ماده: به توانایی ماده در شکسته شدن یا ذره ذره شدن تردی گویند.
- ۵- در نهایت فرآیند واقعی تولید آئروسول و پخش آن نیز بستگی به حرکت هوای پیرامون دارد.



Dust and Gas Technology-3 Session

تولید آئروسول‌ها در محیط‌های کاری

۲- تولید مکانیکی آئروسول‌های قطرات مایع



۲- تولید مکانیکی آئروسول‌های قطرات مایع

❖ تولید مکانیکی آئروسول‌های قطرات مایع برای هر مایعی قابل حصول است به شرطی که انرژی مکانیکی کافی برای پخش سطحی توده‌ای از آن مایع وجود داشته باشد.

❖ آئروسول‌های قطرات مایع نسبت به گردوغبارهای خشک شیوع کمتری دارند. اما در برخی صنایع یافت می‌شوند. مانند:

➤ **فرآیندهایی که در آن‌ها مایعات به عنوان مواد اولیه کاربرد دارند:** مانند اسپری کردن و سم پاشی محصولات زراعی

➤ **فرآیندهایی که در آن‌ها مایعات به عنوان مواد کمکی یا تکمیلی کاربرد دارند:** مانند مایعات ماشین کاری و آبکاری‌ها

➤ **محصولات جانبی تدابیر کنترل مهندسی در معادن:** مانند شوینده‌های تر در محیط‌های معدنی زیرزمینی



۲- تولید مکانیکی آئروسل های قطرات مایع

❖ فرآیند تولید قطرات مایع

□ از طریق شکستن مکانیکی نیروهای کشش سطحی نگهدارنده توده مایع کنار هم: بعنوان مثال به روش های زیر:

- ۱- پاشیدن مایع یا دیگر تکان های مکانیکی در سطح توده مایع (روشی ساده)
- ۲- اعمال نیروهای برشی به هنگام عبور مایع تحت فشار از یک نازل از طریق اختلاط مایع با جت هوای تحت فشار یا از طریق اعمال نیروهای گریز از مرکز و نیروهای الکترواستاتیک (روشی پیچیده)

❖ **نکته ۱:** فرآیندهای مذکور به شیوه های مختلف بصورت اتم سازی، ابر سازی و اسپری توصیف شده اند که این واژه ها معمولاً بیانگر اندازه قطرات ایجاد شده است (به ترتیب از کوچک به بزرگ)

❖ **نکته ۲:** اندازه قطرات ایجاد شده بستگی به انرژی بکاررفته برای تولید آئروسل دارد که معمولاً کوچک ترین ذرات نیازمند صرف بیشترین انرژی مکانیکی هستند.



Dust and Gas Technology-3 Session

تولید آئروسول‌ها در محیط‌های کاری

۳- تولید آئروسول از طریق فرآیندهای مولکولی

۳- ایجاد آئروسول از طریق فرآیندهای مولکولی



❖ دسته دیگری از فرآیندهای اولیه تولید آئروسول شامل تولید ذرات از طریق تجمع مولکولی در اثر تقطیر فیزیکی یا واکنش‌های شیمیایی است.

✓ ایجاد آئروسول از طریق فرآیندهای مولکولی شامل انتقال مولکولی از فاز گازی به فاز مایع و پس از آن در صورت امکان به فاز جامد است.

✓ مکانیسم‌های ایجاد آئروسول از طریق فرآیندهای مولکولی عبارتند از:

۳-۱- هسته سازی (Nucleation)

۳-۱-۱- هسته سازی ناهمگن

۳-۱-۲- هسته سازی همگن

۳-۲- تشکیل شیمیایی

۳- ایجاد آئروسل از طریق فرآیندهای مولکولی

۳-۱- هسته‌سازی

- ❖ هسته سازی به معنای تبدیل مواد از فاز بخار به فاز مایع (بشکل ذره) می‌باشند.
- ❖ در هسته‌سازی، بخار موجود در جریان گاز ابتدا تا دمایی که در آن هسته‌سازی رخ می‌دهد سرد می‌شود که به این دما نقطه شبنم می‌گویند.
- ❖ هر عنصر و ترکیب موجود در فاز بخار دارای نقطه شبنم منحصر به فرد خود است.
- ❖ بنابراین برخی از مواد ممکن است حتی در دمای نسبتاً بالا نیز به هسته تبدیل شوند در صورتی که مواد دیگری ممکن است تا دماهای نسبتاً پایین‌تر نیز در فاز بخار باقی بمانند.

۳- ایجاد آئروسول از طریق فرآیندهای مولکولی

۳-۱- هسته‌سازی

۳-۱-۱- هسته‌سازی ناهمگن (Heterogeneous Nucleation)

✓ تقطیر مولکول‌ها (تراکم) بر روی سطحی از پیش موجود است که به شکل ذرات آئروسول بسیار کوچک (زیر میکرومتر) بوده و به هسته تراکم (Condensation Nuclei) معروف اند.

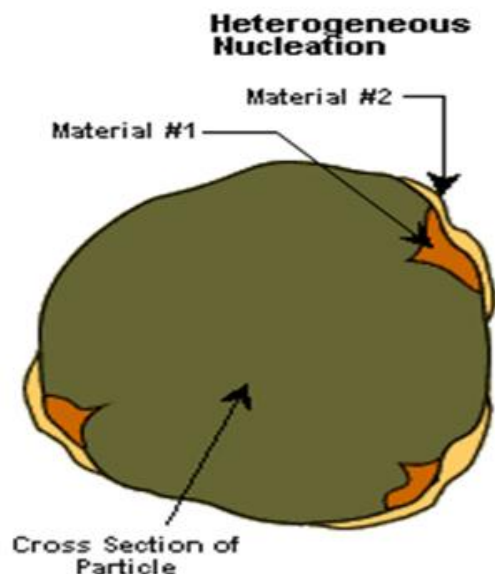
✓ هوای معمولی دربردارنده تعداد کافی از این ذرات است که در صورت مطلوب بودن شرایط فیزیکی قادراند این فرآیند را ایجاد کنند.

✓ در شرایط خاص برای بروز این پدیده نیاز است که هوای اتمسفر فوق اشباع باشد به طوری که نسبت اشباع (SR) بیش از ۱ شود.

۳- ایجاد آئروسول از طریق فرآیندهای مولکولی

۳-۱- هسته‌سازی

شکل زیر فرایند هسته سازی ناهمگن را نشان می دهد، در این فرآیند ذره حاصله متشکل از بیش از یک ترکیب است.



۳- ایجاد ائروسول از طریق فرآیندهای مولکولی

۳-۱- هسته‌سازی

۳-۱-۲- هسته‌سازی همگن (Homogeneous Nucleation)

✓ هسته‌سازی همگن کمتر رخ می‌دهد و به پدیده تشکیل قطرات مایع از طریق تبدیل

مستقیم مولکول‌ها از فاز گازی به فاز مایع گفته می‌شود.

✓ در اینجا نیازی به هسته ذره‌ای از پیش موجود نیست.

✓ در اینجا شرایط برای هسته‌سازی کمتر فراهم می‌شود. بنابراین مقادیر نسبت فوق اشباع

باید به طور قابل توجهی بالا باشد ($SR > 4$).

۳- ایجاد ائروسول از طریق فرآیندهای مولکولی



۳-۲- تشکیل شیمیایی

✓ این شرایط هنگامی رخ می‌دهد که انواع معینی از گونه‌های رادیکال آزاد موجود در هوا

به عنوان هسته عمل کرده و مولکول‌های دیگر بر روی آن نشسته و واکنش شیمیایی

انجام می‌دهند. مانند:

➤ تشکیل اکسیدها در جوشکاری فلزات (مثلاً جوشکاری قوس الکتریکی)

➤ تشکیل ذرات دوده در طی احتراق هیدروکربن‌ها (سوختن سوخت‌های فسیلی)



Dust and Gas Technology-3 Session

دینامیک جمعیت آئروسول‌ها

تکامل آئروسول‌ها (تغییر شکل ذرات)



تکامل آئروسول‌ها (تغییر شکل ذرات)

❖ یک آئروسول پس از آنکه به حالت پخش درآمد، ویژگی‌های اولیه خود را حفظ نخواهد کرد و تغییر شکل می‌یابد.

❖ بسته به ماده مورد نظر، فرآیند اصلی تولید آئروسول، غلظت آئروسول و دیگر شرایط هوای پیرامون چندین احتمال برای تغییرات تکاملی وجود دارد.

❖ این احتمالات عبارتند از:

- رشد ذره در اثر لخته‌سازی (Coagulation) یا توده‌شدن (Agglomeration)
- کوچکتر شدن در اثر واپاشی (Disintegration)
- تراکم (Condensation)
- تبخیر (Evaporation)



۱- کواگولاسیون (لخته یا انعقاد) یا آگلومراسیون

- ✓ **تعریف:** فرآیندی است که در آن آئروسول‌ها به دلیل حرکت نسبی خود با یکدیگر برخورد و بهم می‌چسبند تا آئروسول‌های بزرگ‌تر تشکیل شوند.
- ✓ نتیجه این اتفاق کاهش مداوم تعداد ذرات و افزایش اندازه آنها است.
- ✓ تئوری کواگولاسیون در اصل برای ذرات داخل مایعات ارائه شده و سپس برای آئروسول‌ها نیز تعمیم یافته است.
- ✓ به همین دلیل، در مورد ذرات جامد، این فرآیند آگلومراسیون نامیده می‌شود.
- ✓ برای قطرات مایع که دو یا چند قطره کروی به هم می‌پیوندند و یک قطره مستقل کروی بزرگ‌تر را تشکیل می‌دهند واژه مناسب‌تر کوالسنس است.

۱- کواگولاسیون (لخته یا انعقاد) یا آگلومراسیون



✓ از این پدیده در تولید سرامیک‌ها، رنگدانه‌ها و مواد با ویژگی‌های نوری خاص با اندازه و شکل معین استفاده می‌کنند.

✓ هدف تئوری کواگولاسیون توصیف چگونگی تغییر اندازه و تراکم تعدادی ذرات در یک تابع زمانی است.

❖ انواع کواگولاسیون

➤ زمانی که حرکت نسبی بین ذرات انتشار براونین است، این پدیده را کواگولاسیون حرارتی (گرمایی) یا انعقاد پریکینتیک گویند که پدیده‌ای غیرارادی و همیشگی برای آئروسول‌ها است.

➤ چنانچه حرکت نسبی و چسبیدن آئروسول‌ها به یکدیگر ناشی از نیروهای خارجی مثل نیروی الکتریکی، ثقلی یا ناشی از اثرات آئرودینامیکی باشد آن را کواگولاسیون سینماتیک یا انعقاد اورتوکینتیک گویند.

۱- کواگولاسیون (لخته یا انعقاد) یا آگلومراسیون

AGGLOMERATION – AGGREGATION

PRIMARY PARTICLES



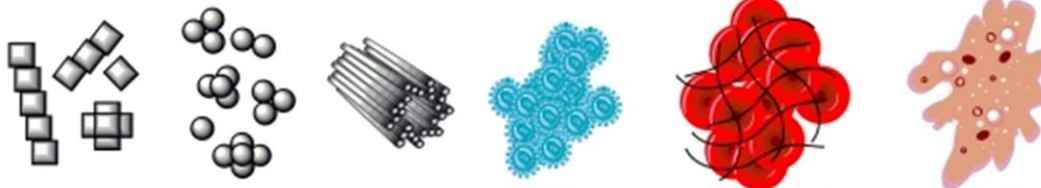
PRIMARY PARTICLES

AGGLOMERATE



AGGLOMERATION:
Primary particles
loosely bound together

AGGREGATE

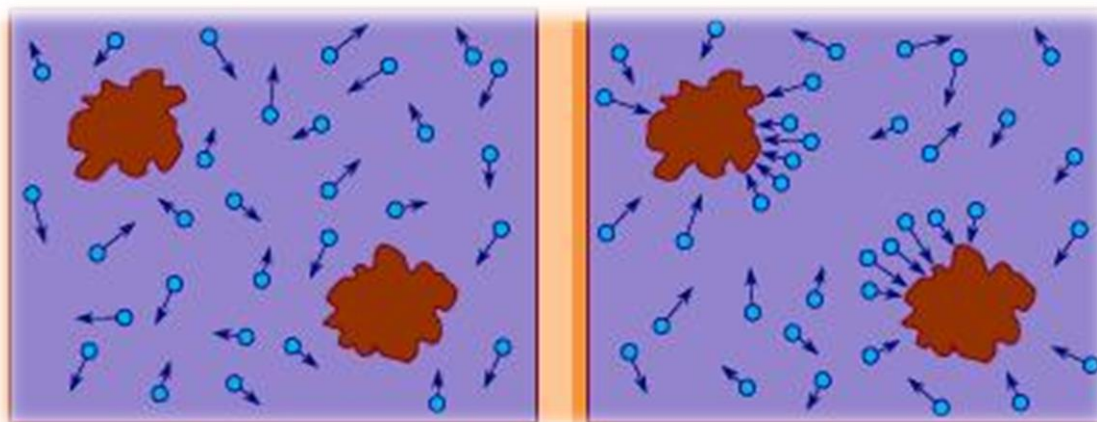
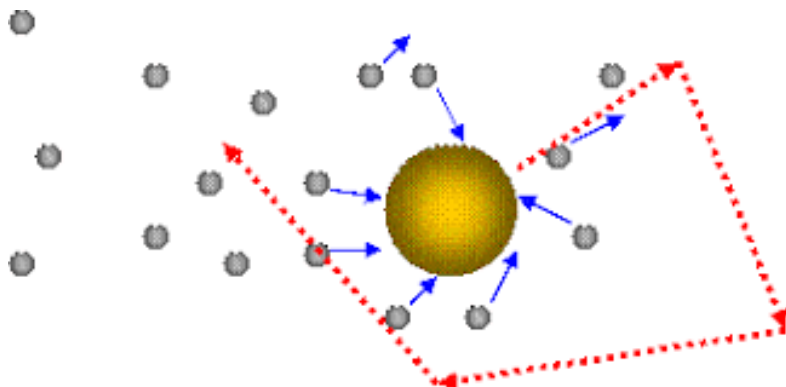


AGGREGATION:
Dense mass of fused or held
by strong forces particles
(new formed particles)



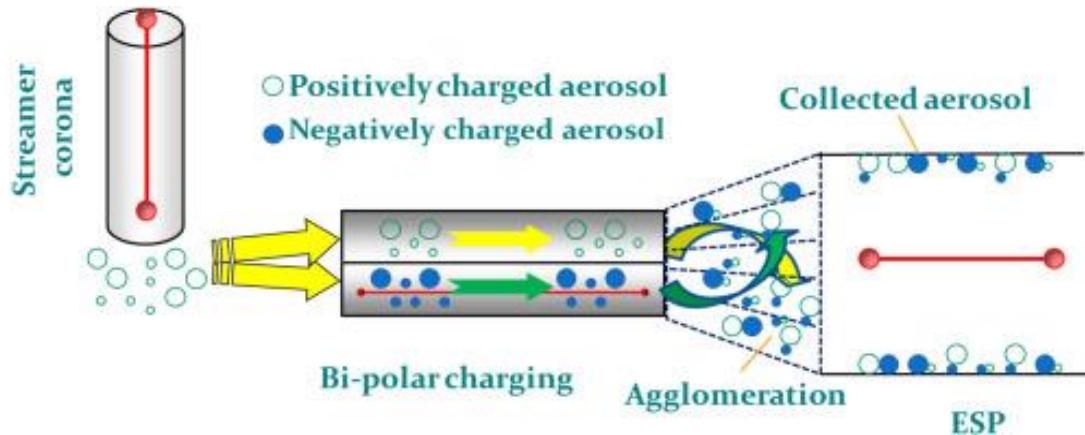
۱- کواگولاسیون (لخته یا انعقاد) یا آگلومراسیون

❖ آگلومراسیون حرارتی (حرکت براونین)

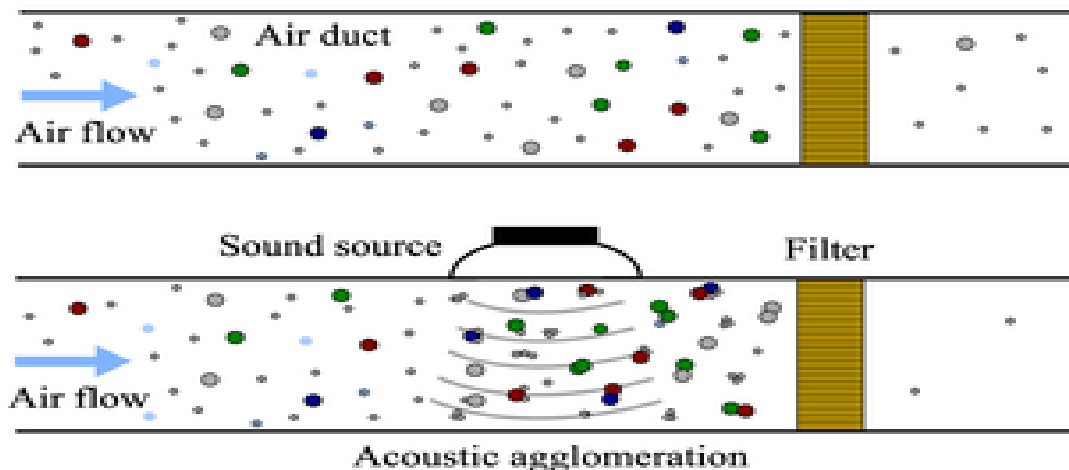


۱- کواگولاسیون (لخته یا انعقاد) یا آگلومراسیون

❖ نمونه کاربردها در بهداشت حرفه‌ای (آگلومراسیون سینماتیک)



کنترل ذرات با رسوب دهنده
الکترواستاتیک (ESP)



کنترل ذرات با فیلتر خانه



۲- واپاشی (Disintegration)

✓ عکس فرآیند لخته سازی، فرآیند واپاشی یا تجزیه است.

✓ این فرآیند هنگامی رخ می دهد که ذراتی که قبلاً با هم و به شکل یک ذره متشکل گرد هم آمده اند، تحت تأثیر یک نیروی خارجی (جریان های برشی و متلاطم) قرار گرفته به گونه ای که نیروی چسبندگی که ذرات را به صورت یک عنصر منفرد با هم نگه داشته اند، شکسته می شوند.

✓ برای سیستم هایی که این عناصر منفرد کوچک هستند، نیروهای پیوندی قوی بوده و به راحتی مغلوب نمی شوند. بدین خاطر برای مثال؛ فیوم های ریز یا دوده که از تجمع ذرات اولیه ای با اندازه های نانومتری تشکیل شده اند، به راحتی شکسته نمی شوند.



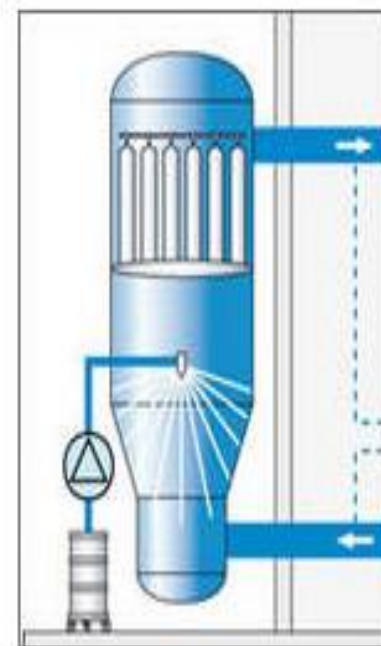
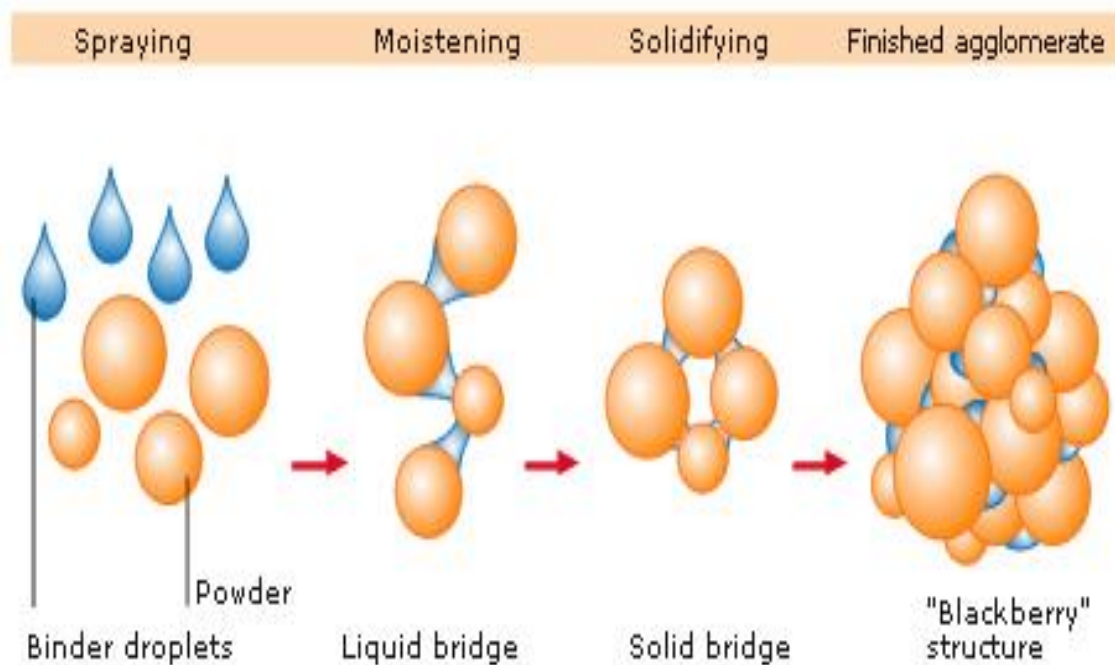
۳- تراکم (Condensation)

- ✓ تشکیل و رشد ذرات آئروسل بوسیله تراکم، روش اصلی تولید آئروسل در طبیعت و مهم‌ترین فرآیند انتقال جرم بین فاز گازی و فاز ذره‌ای است.
- ✓ این فرآیند معمولاً نیازمند بخار فوق اشباع از یک ماده و ذرات یا یون‌های کوچک به عنوان نقاط و هسته‌های تشکیل ذره می‌باشد.
- ✓ بسته به شرایط محیطی، ممکن است پس از تشکیل ذره آئروسل، تراکم از طریق ورود مولکول‌ها از فاز بخار به ذره ادامه یابد که منجر به بزرگ‌شدن ذره خواهد شد و سپس توزیع اندازه ذرات آئروسل را تغییر می‌دهد (به سمت ذرات بزرگتر) و باعث افزایش غلظت جرمی آئروسل می‌شود.



۳- تراکم (Condensation)

نمونه کاربرد در بهداشت حرفه‌ای (کنترل غبار با اسکرابر مه‌پاش)



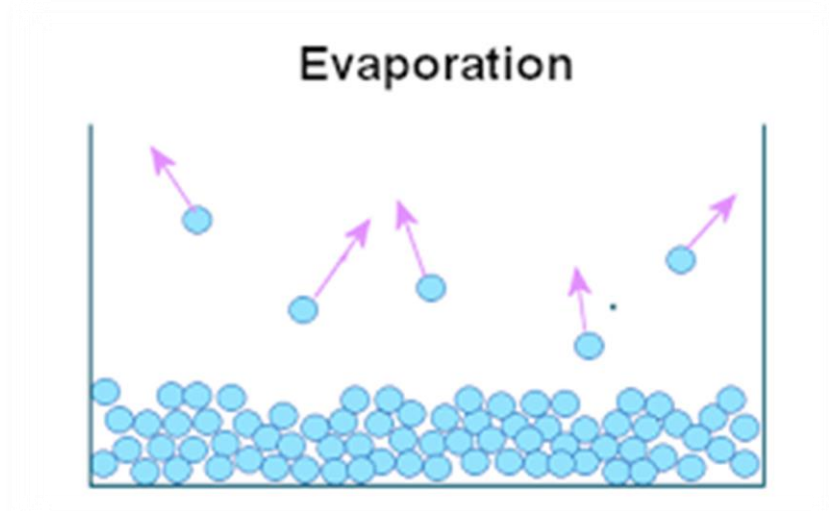


۴- تبخیر (Evaporation)

✓ واکنش معکوس تراکم، تبخیر می باشد.

✓ گاهی اوقات ممکن است شرایط محیطی به نفع پدیده تبخیر باشد و به این ترتیب مولکول‌ها ذره را ترک کرده و وارد فاز بخار می‌شوند. در این حالت ذرات کوچک تر شده و غلظت جرمی آئروسل کاهش می‌یابد.

✓ این مکانیسم در تولید هسته‌های نمک دریاها (اقیانوس‌ها) در اثر بخارشدن قطرات آب آنها نقش دارد. ذرات نمکی می‌توانند به عنوان هسته‌های تراکم نقش داشته باشند.





❖ روش های تولید و مکانیسم تشکیل آئروسول ها با منشأ مصنوعی:

- تولید مکانیکی آئروسول های خشک
- تولید مکانیکی آئروسول های قطرات مایع
- ایجاد آئروسول از طریق فرایندهای مولکولی

❖ روش های تکامل آئروسول ها

- رشد ذره در اثر لخته سازی (Coagulation) یا توده شدن (Agglomeration)
- کوچکتر شدن در اثر واپاشی (Disintegration)
- تراکم (Condensation)
- تبخیر (Evaporation)





دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی نیشابور



دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی نیشابور



خسته نباشید

با آرزوی موفقیت

jalalim1@nums.ac.ir