



### زمینه فعالیت شرکت:

- مواد ضد عفونی کننده و گندزدا
- ملزومات استریل
  - اندیکاتور های شیمیایی
  - اندیکاتور های بیولوژیکی
  - تست های فرایند شستشو
  - کاغذ مدیکال یا رول های بسته بندی استریل
- تجهیزات و دستگاه  
(اتوکلاو کلاس B، دستگاه سیلر، دستگاه التراسونیک)

## مفاهیم اتاق های تمیز (Clean rooms)

اتاق تمیز مکانی است که مقدار بسیار کمی از آلودگی‌ها مانند گرد و خاک، ذرات معلق، «ذرات آئروسول» (Aerosol Particles) و بخارات شیمیایی در آن حضور دارد. طراحی و تست این اتاق‌های تمیز کاربرد بسیار زیادی در علم مکانیک و مباحث مرتبط با تهویه مطبوع دارد. طراحی این اتاق‌های تمیز و بررسی آن‌ها را می‌توان ابتدا به کمک محاسبات عددی در علم دینامیک سیالات محاسباتی انجام داد و در نهایت، بعد از نصب تجهیزات، آزمایش‌های تجربی مختلفی را برای اعتبار سنجی اتاق تمیز به کار گرفت. توجه کنید که این اعتبار سنجی با استفاده از استانداردهای گوناگونی صورت می‌گیرد که در این مطلب به بررسی آن‌ها نیز پرداخته شده است.

به صورت دقیق‌تر می‌توان بیان کرد که اتاق تمیز یک میزان کنترل شده از آلودگی را همراه خود دارد که این میزان و سطح آلودگی با استفاده از تعداد ذرات معلق در واحد متر مکعب یا فوت مکعب و بر اساس اندازه هرکدام از ذرات تعیین می‌شود. همانطور که اشاره شد بررسی دقیق تعداد مجاز ذرات با سایزهای مختلف در واحد متر مکعب (یا فوت مکعب)، با استفاده از استانداردهای مختلف در ادامه این مطلب مورد بررسی قرار می‌گیرد.

به عنوان یک نمونه از سطح بندی اتاق‌های تمیز، هوای موجود در یک شهر (شهر تمیز و بدون آلودگی) را در نظر بگیرید. حدود ۳۵ میلیون ذره در هر متر مکعب این هوا موجود است که اندازه تقریبی هرکدام از این ذرات در حدود ۰.۵ میکرومتر و یا بزرگتر است و طبق استاندارد، این هوا در استاندارد ISO 9 قرار می‌گیرد که پایین‌ترین سطح استانداردهای اتاق تمیز است.

در این مطلب ابتدا مفهوم و تعریف اتاق تمیز به صورت دقیق مورد بررسی قرار می‌گیرد. در ادامه کاربردهای مختلف اتاق‌های تمیز و شیوه کنترل ذرات معلق در اتاق تمیز شرح داده می‌شود. سپس محدودیت‌های کارکنان و نکات ایمنی در اتاق تمیز مورد بررسی قرار می‌گیرد و در ادامه مطلب، اصول حاکم بر اتاق‌های تمیز شرح داده می‌شوند. همچنین در انتها نیز دسته‌بندی مختلف اتاق تمیز بر اساس استانداردهای گوناگون و با بیان جزئیات مورد بررسی قرار می‌گیرد.

### اتاق تمیز چیست؟

اتاق تمیز به صورت عملی در صناعی کاربرد دارد که حضور ذرات کوچک می‌تواند فرایند تولید را تحت تاثیر خود قرار دهد. این اتاق‌های تمیز اندازه‌های مختلفی دارند و طراحی برخی از آن‌ها بسیار پیچیده است. اتاق تمیز کاربرد زیادی در تولید نیمه‌هادی‌ها و قطعات الکترونیکی، تولید داروهای مختلف، صنعت بایو، ابزارهای مختلف پزشکی و اتاق‌های عمل دارد. توجه کنید که شیوه کنترل و طراحی اتاق‌های تمیز با توجه به کاربرد آن، متفاوت است. همچنین برای اعتبار سنجی اتاق‌های تمیز مورد استفاده در صنایع مختلف از استانداردهای مختلفی نیز استفاده می‌شود.

نکته مهمی که باید به آن اشاره کرد این است که اعتبار سنجی اتاق تمیز، شامل تمام فعالیت‌ها، آزمایش‌ها و اندازه‌گیری‌هایی است که وسیله آن می‌توان تایید کرد که اتاق تمیز قابلیت استفاده در صنعت مربوطه را دارد. در واقع با مقایسه اندازه‌گیری صورت گرفته در یک اتاق تمیز با استانداردهای مختلف، اعتبار سنجی اتاق‌های تمیز انجام می‌شود. شکل زیر نمونه‌ای اتاق تمیز و فیلتر مورد استفاده در آن را به تصویر کشیده است. این اتاق تمیز در اتاق عمل بیمارستان کاربرد دارد.

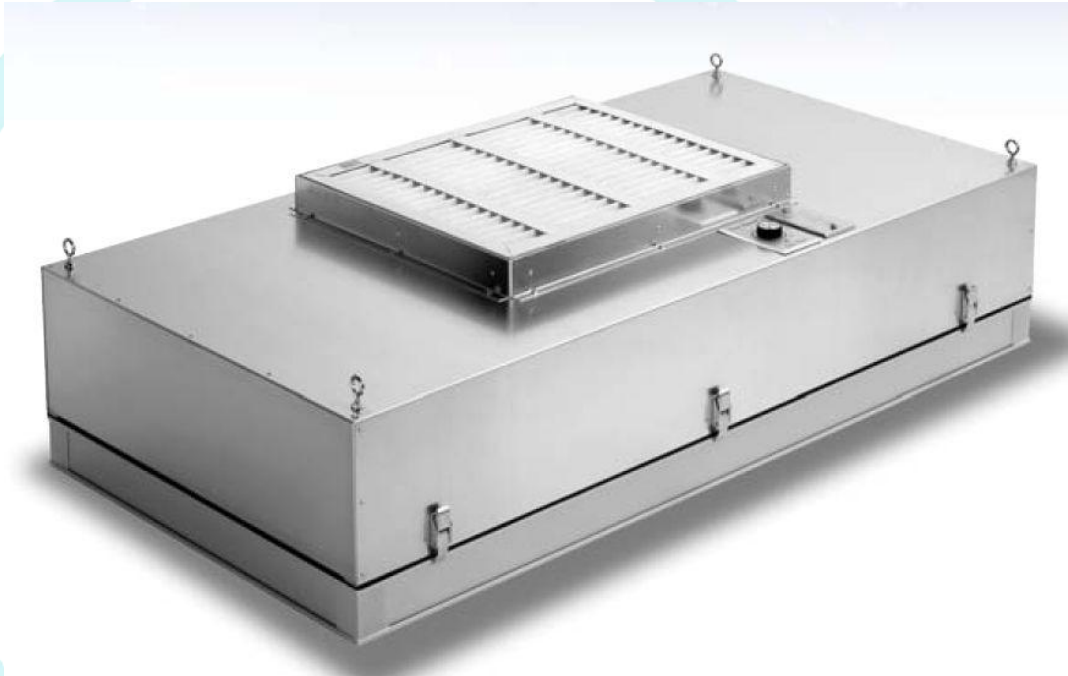


شکل ۱: کاربرد اتاق تمیز به عنوان اتاق عمل یک بیمارستان

در واقع کنترل حضور ذرات خارجی با اندازه‌های معلوم تاثیر بسیار زیادی در سلامت و کیفیت دارو و همچنین انجام صحیح و بهداشتی یک عمل جراحی در بیمارستان دارد که این موضوع وظیفه مهندسان مکانیک برای طراحی دقیق و تست اتاق‌های تمیز است. از جمله کاربردهای دیگری که اتاق‌های تمیز دارند می‌توان به تولید قطعات خاص و دقیق مورد استفاده در کاربردهای نظامی و علوم هوافضا و اپتیک اشاره کرد. علاوه بر موارد ذکر شده و همانطور که در ابتدای این مبحث اشاره شد، اتاق تمیز کاربرد زیادی در تولید نیمه‌هادی‌ها و قطعات الکترونیکی، تولید داروهای مختلف، صنعت بایو و ابزارهای مختلف پزشکی دارد.

همانطور که اشاره شد، کنترل آلودگی و ذرات معلق مستلزم رعایت قوانین و مقررات خاصی توسط اتاق‌های تمیز و طراحان آنها است. بدین منظور استانداردهای مختلفی برای کاهش ذرات معلق و آلودگی‌ها در کنار سایر پارامترها مانند دما، رطوبت و فشار به وجود آمده است. در واقع همانطور که

میدانید هدف اصلی در طراحی‌های رایج تهویه مطبوع ساختمان‌ها، کنترل دما و رطوبت است و در اتاق‌های تمیز، بحث ذرات و کنترل اندازه و تعداد این ذرات نیز به طراحی سیستم تهویه مطبوع اضافه می‌شود و یکی از راه‌ها برای کنترل این ذرات استفاده از فیلترهای مختلف است. شکل زیر نمونه‌ای از این فیلترها را به تصویر کشیده است.



شکل ۲: فیلتر معروف هپا که به منظور تصفیه هوا و کنترل ذرات در اتاق تمیز استفاده می‌شود

بنابراین همانطور که اشاره شد راه حل رایج برای کنترل پارامترهای مختلف در اتاق تمیز استفاده از فیلتر است. شکل بالا فیلتر رایج «هپا» (HEPA) را نشان می‌دهد که این فیلتر یکی از پرطرفدارترین و موثرترین روش‌های تصفیه هوا است. در واقع عبارت هپا فرم خلاصه شده عبارت «حذف ذرات معلق هوا با کارایی بالا» (High Efficiency Particulate Air) شناخته می‌شود.

از فیلتر هپا برای به دام انداختن ذرات با اندازه ۰.۳ میکرو متر و بزرگتر، استفاده می‌شود. در واقع در این روش، تمام هوایی که قرار است به داخل اتاق تمیز وارد شود باید از فیلتر هپا عبور کند. در برخی از

موارد نیز نیاز به رعایت استاندارد بالا برای اتاق‌های تمیز است و کیفیت هوا و کارایی بالا برای تولید محصولات مختلف امری ضروری است. در این موارد از فیلتر «اولپا» (ULPA) استفاده می‌شود که این فیلتر نفوذ پذیری بسیار پایین و دقت بسیار بالایی دارد. اولپا مخفف عبارت «حذف ذرات معلق بسیار ریز» (Ultra Low Particulate Air) است.

علاوه بر موارد ذکر شده که به کنترل آلودگی‌ها توسط فیلتر کردن مربوط بود، کنترل ورود و پخش آلودگی توسط انسان نیز اهمیت بسیار زیادی در اتاق‌های تمیز دارد. بنابراین باید توجه کرد که کار کردن در اتاق تمیز مستلزم رعایت شرایط خاصی است و باید بارها تمرین‌های مختلفی انجام شود تا آمادگی لازم برای انجام فعالیت در این شرایط ایجاد شود و کارکنان بتوانند به خوبی نکات ضروری را رعایت کنند. هنگام ورود به اتاق تمیز باید لباس‌های خاصی پوشیده شود که بتواند از انتشار آلودگی و ذرات مختلف از سطح بدن جلوگیری کند. همچنین ورود به اتاق تمیز از اتاق‌های کوچکی به نام هوا بند یا «قفل هوا» (Airlock) صورت می‌گیرد.

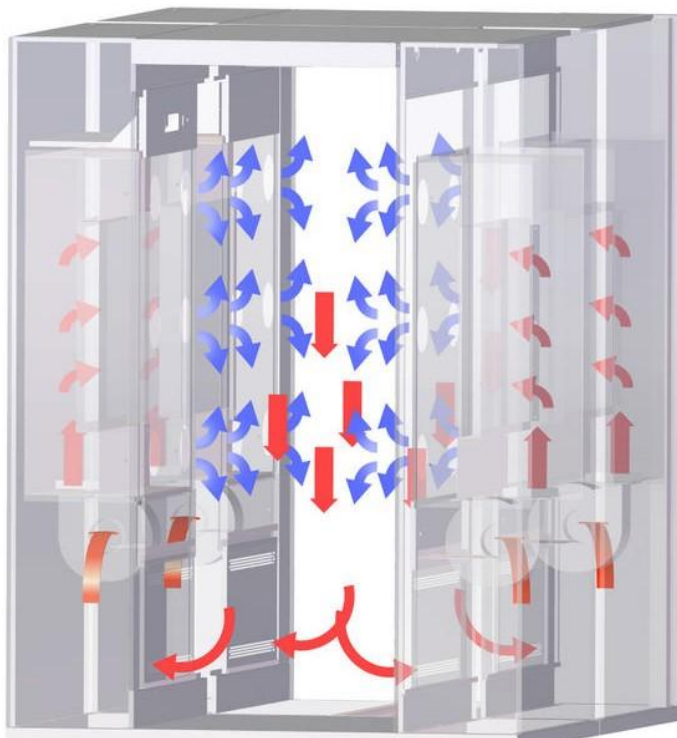
هوا بند یک دستگاه تنظیم فشار است و زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که یک شخص یا هر وسیله دیگری از یک مکان به مکان دیگر که از لحاظ فشار هوا متفاوت هستند، عبور کند. شکل زیر نمونه‌ای از هوا بندهای مورد استفاده در اتاق‌های تمیز و پوشش خاص کارکنان هنگام ورود به یک اتاق تمیز را به تصویر کشیده است.



شکل ۳: هواپند یا قفل هوا در ورودی اتاق تمیز

علاوه بر موارد ذکر شده، قبل از ورود به اتاق تمیز معمولاً «دوش هوا» (Air Shower) گرفته می‌شود. مراحل این کار در شکل زیر به خوبی به تصویر کشیده شده است. همچنین نمونه‌ای از دوش هوا واقعی موجود در اتاق‌های تمیز نشان داده شده است. طراحی این دوش‌های هوا نیز امری بسیار مهم و حیاتی در طراحی اتاق‌های تمیز و علم تهویه مطبوع است که برای طراحی آن استفاده بسیار زیادی از روابط حاکم در علم دینامیک سیالات محاسباتی می‌شود.





شکل ۴: نمودار جریان هوای یک دوش هوا مورد استفاده در اتاق تمیز



شکل ۵: دوش هوا مورد استفاده در ورودی اتاق تمیز

پوشش خاص ورود به اتاق تمیز به نسبت کاربردی که اتاق تمیز دارد و اندازه و تعداد ذرات مجاز موجود در آن، متغیر است. برای مثال در برخی کاربردها از دستگاه مخصوص تنفس، لباس‌هایی با دو لایه و همچنین پوشش خاص برای مو استفاده می‌شود.



در واقع همانطور که اشاره شد، پوشش مخصوص اتاق تمیز برای جلوگیری از انتشار ذرات از سطح بدن طراحی شده‌اند. زیرا ورود افراد می‌تواند عامل تولید و انتقال آلودگی و ذرات معلق به اتاق تمیز باشد. نکته دیگری که باید به آن اشاره کرد این است که لباس مخصوص اتاق تمیز باید طوری طراحی شده باشد که خودش ذرات معلق و آلودگی را به محیط اطراف منتشر نکند.

ذکر این نکته حائز اهمیت است که آلودگی‌هایی که از لباس و بدن افراد به اتاق تمیز منتقل می‌شوند، می‌توانند تجهیزات نیمه‌هادی و یا داروی تولید شده را نابود کند و در نتیجه خسارت جبران ناپذیری به سرمایه شرکت بزند. همچنین این آلودگی‌ها می‌توانند باعث ایجاد عفونت در بیمار و عدم درمان صحیح او در اتاق عمل شود.

### اصول حاکم بر جریان هوا در اتاق تمیز

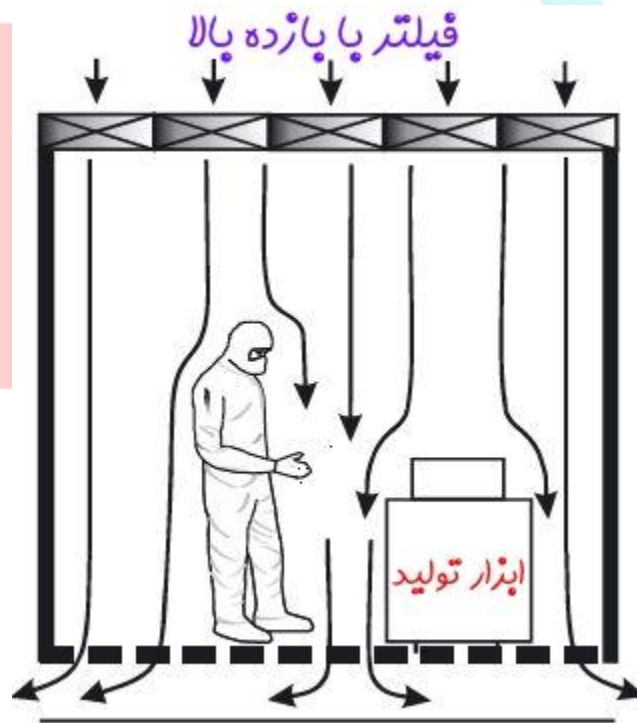
همانطور که در قسمت‌های قبل به صورت دقیق بیان شد، ذرات معلق و آلودگی‌های موجود در اتاق‌های تمیز با استفاده از فیلترهای HEPA و ULPA تا حدود بسیار زیادی از بین می‌روند. همچنین خواص جریان هوا موجود در این فیلترها اهمیت بسیار زیادی در طراحی سیستم تهویه مطبوع دارد. فیلترهای معرفی شده شامل هر دو جریان آرام یا «لایه‌ای» (Laminar) و «آشفته» (Turbulent) می‌شوند.

جریان هوای لایه‌ای یا آرام، به جریانی گفته می‌شود که به صورت مستقیم در حال حرکت است و اغتشاشاتی در آن دیده نمی‌شود. زمانی که در یک اتاق تمیز از هودهای جریان آرام استفاده می‌شود، جریان «یک طرفه» (Unidirectional) و آرام حضور دارد.

معمولا جریان هوای آرام از فیلترهای هپا برای فیلتر و تمیز کردن تمام هوای ورودی به اتاق تمیز استفاده می‌کنند. فیلترهای جریان آرام معمولا از فولاد ضد زنگ استفاده می‌کنند. جنس این فیلترها باید به گونه‌ای باشد که تصفیه هوای ورودی و کم بودن تعداد ذرات ورودی به اتاق را تضمین کنند. نکته دیگری

که باید به آن اشاره کرد این است که این فیلترها برای تولید جریان آرام عموماً، فضایی را در حدود ۸۰ درصد و یا حتی ۱۰۰ درصد سقف اتاق تمیز را می‌پوشاند.

توجه کنید که اتاق تمیز با جریان آرام را «اتاق تمیز با جریان یک طرفه» (Unidirectional Airflow Cleanrooms) نیز می‌نامند. شکل زیر نمونه‌ای از این اتاق‌های تمیز و فیلتر مورد استفاده در آنها را به تصویر کشیده است.



شکل ۶: اتاق تمیز با جریان یک طرفه یا آرام

اتاق‌های تمیز با جریان یک طرفه و آرام از حجم هوای بیشتری نسبت به اتاق تمیز با جریان غیر یک طرفه استفاده می‌کند. فیلتر با بازده بالا مطابق شکل در طول سقف نصب شده و هوا را با جریان یک طرفه و سرعتی در حدود ۰.۳ تا ۰.۵ متر بر ثانیه به داخل اتاق وارد می‌کند و در نهایت این هوا از کف اتاق خارج می‌شود و ذرات خارجی و آلودگی را از اتاق خارج می‌کند.

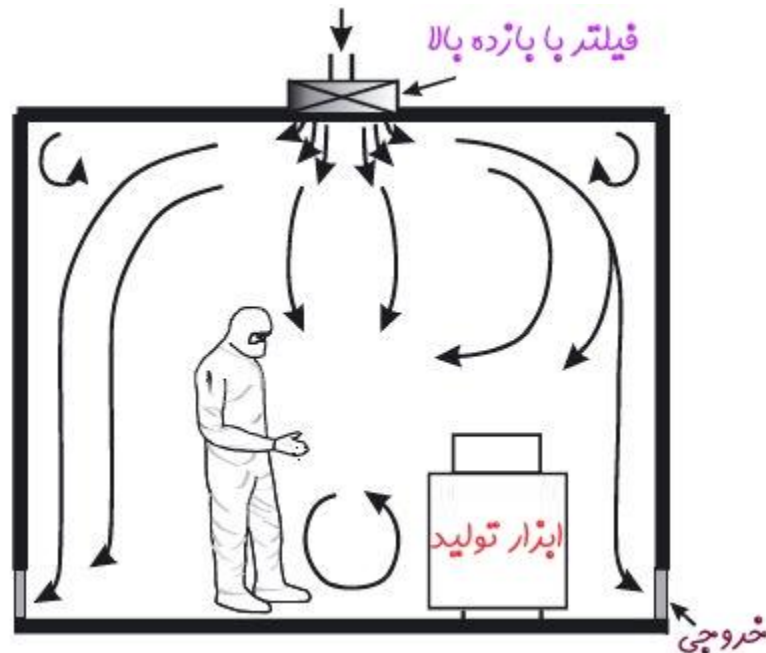
در واقع همانطور که در مطلب پایستگی و بقای جرم در سیالات نشان داده شد، با افزایش مساحت سطح، سرعت جریان سیال نیز کاهش می‌یابد. این موضوع با استفاده از رابطه زیر به خوبی نشان داده شده است.

$$\dot{m} = \int_A \rho \mathbf{V} \cdot \hat{\mathbf{n}} dA$$

$$\bar{V} = \frac{\int_A \rho \mathbf{V} \cdot \hat{\mathbf{n}} dA}{\rho A}$$

توجه شود که برای اتاق‌های تمیز با جریان یک طرفه که عرضی در حدود ۴ تا ۶ متر دارند، طراحی اتاق تمیز ممکن است اندکی متفاوت باشد و خروجی هوا می‌تواند در طرفین دیوار نیز نصب شود. اتاق تمیز با جریان یک طرفه و آرام یا لایه‌ای نسبت به اتاق تمیز با جریان غیر یک طرفه، گران‌تر است ولی این اتاق‌ها (اتاق تمیز با جریان یک طرفه) می‌توانند در دسته‌بندی‌های خیلی عالی مانند ISO 5 یا پایین‌تر قرار بگیرند و استاندارد را به شیوه عالی ارضا می‌کنند. دسته بندی اتاق‌های تمیز در بخش بعدی به صورت مفصل مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

نوع دیگری از اتاق‌های تمیز نیز موجود هستند که جریان در آن‌ها به صورت غیر یکطرفه است. این اتاق‌های تمیز، از سیستم جریان هوای آشفته یا توربولانس، برای تمیز کردن آلودگی و هوای یک اتاق تمیز استفاده می‌کنند. توجه کنید که در برخی از حالات، فیلترهای جریان آرام بخشی از یک سیستم جریان هوای آشفته هستند ولی این فیلترها تنها عضو سیستم نیستند. شکل زیر نمونه‌ای از اتاق تمیز با سیستم جریان هوای یک طرفه را به تصویر کشیده است.



شکل ۷: اتاق تمیز با جریان غیر یک طرفه یا آشفته

یک سیستم جریان آشفته می‌تواند باعث حرکت ذرات موجود در اتاق تمیز شود و این موضوع باعث می‌شود که جدا کردن این ذرات از هوا کار سختی شود. توجه کنید که این سیستم جریان غیر یک طرفه از همین جریان آشفته و حرکت نامنظم ذرات برای جدا کردن ذرات موجود در فیلتر استفاده می‌کند.

بنابراین به صورت کلی می‌توان بیان کرد که مطابق شکل، هوای تازه از فیلتر به اتاق وارد و این هوا با هوای اتاق ترکیب می‌شود و در نهایت این سیستم آلودگی‌های تولید شده توسط ماشین آلات و افراد را از طریق خروجی هوا که در اطراف دیوار قرار داده شده، خارج می‌کند. توجه کنید که با توجه به کاربردی که اتاق تمیز دارد و سائز آن، سیستم اتاق تمیز جریان غیر یکطرفه یا آشفته، قابلیت دسترسی به دسته‌بندی‌هایی در حدود ISO 6 را دارد.

نکته مهم دیگری که در مورد سیستم اتاق تمیز جریان غیر یکطرفه یا آشفته می‌توان بیان کرد این است که اگر دسته‌بندی مطلوبی بالاتر از ISO 6 مد نظر ما باشد (مثلا دسته‌بندی ISO 8)، خروجی هوا می‌تواند در سقف قرار بگیرد.

بنابر این همانطور که بیان شد، طراحی مناسب یک اتاق تمیز باید به گونه‌ای باشد که تمام سیستم توزیع هوا را در بر بگیرد. این سیستم‌ها شامل قوانین و مقررات برای حضور میزان کافی جریان بازگشتی در جریان هوا نیز می‌شود و اجرای این قانون برای حضور جریان بازگشتی در اتاق‌های تمیز عمودی و افقی با یکدیگر متفاوت است.

### دسته بندی اتاق های تمیز

اتاق‌های تمیز را می‌توان با توجه به میزان تمیز بودن اتاق دسته بندی کرد. بر اساس قراردادی که «موسسه استاندارد ۲۰۹ آمریکا» (Federal Standard 209 (A to D) of the USA) تصویب کرده است، تعداد ذراتی که سایز آن‌ها برابر با ۰.۵ میکرومتر و یا بزرگتر از آن است در واحد فوت مکعب هوا، اندازه‌گیری می‌شود و مقدار عدد محاسبه شده برای دسته‌بندی اتاق تمیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. معیار و قرارداد معرفی شده در بالا، در استاندارد جدید E۲۰۹ نیز پذیرفته شده و کاربرد دارد. توجه شود که استاندارد E۲۰۹، معمولاً در داخل کشور آمریکا مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی دیگر از انواع استانداردها، تحت عنوان استاندارد TC 209 نام گذاری شده است. این استاندارد توسط «سازمان جهانی استاندارد» (International Standards Organization) به وجود آمده است. تمام این استانداردهای معرفی شده، اتاق تمیز را بر اساس تعداد ذرات موجود در اتاق، دسته‌بندی می‌کنند. بنابر این استانداردهای FS 209E و ISO 14644-1 برای محاسبه تعداد و چگالی ذرات، نیاز به شیوه خاص اندازه‌گیری و شمارش ذرات دارند و با استفاده از این اعداد به دست آمده، اتاق تمیز و آزمایشگاه را در دسته‌بندی‌های مختلف قرار می‌دهند. در انگلستان از استاندارد انگلیسی ۲۵۹۵ برای دسته‌بندی اتاق‌های تمیز بهره گرفته می‌شود. این استاندارد در نهایت با استاندارد BS EN ISO 14644-1 جایگزین شده است.

بنابراین همانطور که به صورت دقیق اشاره شد، اتاق‌های تمیز با توجه به تعداد و اندازه ذرات موجود در حجم مشخصی از هوا دسته‌بندی می‌شوند. در صورتی که اعداد بزرگی مانند Class 100 یا Class 1000 در استاندارد مشاهده شود، مرجع آن استاندارد FED\_STD\_209E است که این اعداد (در اینجا عدد ۱۰۰ یا ۱۰۰۰) تعداد ذرات با اندازه ۰.۵ میکرومتر یا بزرگتر را در فوت مکعب هوا نشان می‌دهد. بنابراین با استفاده از توضیحات بالا می‌توان به راحتی دسته‌بندی class 2000 را توصیف کرد.

مشابه روند بالا می‌توان سایر استانداردها را مورد بررسی قرار داد. بنابراین در صورتی که در استاندارد اعداد کوچک مشاهده شود، دسته‌بندی مربوط به استاندارد ISO 14644-1 است. این استاندارد لگاریتم (لگاریتم پایه ۱۰) تعداد ذرات با اندازه ۰.۱ میکرومتر یا بزرگتر در واحد متر مکعب را نمایش می‌دهد. بنابراین در صورتی که هنگام اعتبار سنجی اتاق تمیز در استاندارد ISO، حد نصاب class 5 کسب شود، این اتاق تمیز تعداد  $10^5$  یا  $100000$  ذره با ابعاد ۰.۱ میکرومتر در هر متر مکعب هوای خود دارد.

هر دو استاندارد معرفی شده یعنی استاندارد FS 209E و استاندارد ISO 14644-1 از رابطه لگاریتمی-لگاریتمی بین اندازه ذرات و تمرکز ذرات استفاده می‌کنند. بنابراین با توجه به رابطه لگاریتمی ذکر شده، معیاری با حضور صفر ذره در حجم مشخص موجود نیست. نکته جالب دیگر این است که هوای عادی اتاق، معیار ISO 9 یا Class 1000000 را در دسته‌بندی اتاق‌های تمیز ارضا می‌کند.

در ادامه انواع مختلف استانداردهای اتاق تمیز در قالب جدول‌هایی آورده شده است. اولین استاندارد استاندارد FS 209E است که در قسمت قبل نیز شیوه استفاده از این استاندارد به صورت دقیق مورد ارزیابی قرار گرفت.

جدول ۱- دسته‌بندی اتاق‌های تمیز بر اساس استاندارد FS 209E

ISO 14644-1	حداکثر غلظت مجاز ذرات در فوت مکعب $ft^3$					دسته‌بندی اتاق تمیز
	$\geq 5 \mu m$	$\geq 0.5 \mu m$	$\geq 0.3 \mu m$	$\geq 0.2 \mu m$	$\geq 0.1 \mu m$	
ISO 3	0.007	1	3	7.5	35	1
ISO 4	0.07	10	30	75	350	10
ISO 5	0.7	100	300	750	3500	100
ISO 6	7	1000	3000	7500	35000	1000
ISO 7	70	10000	30000	75000	350000	10000
ISO 8	700	100000	300000	750000	3500000	100000

این استاندارد (استاندارد FS 209E) همچنان به صورت رایج در صنایع مختلف و کاربردهای گوناگون مورد استفاده قرار می‌گیرد. در ادامه استاندارد انگلیسی BS 5295 مورد بررسی قرار گرفته است. توجه کنید که دسته‌بندی Class 1 این نوع از استاندارد بیان می‌کند که بزرگترین ذرات در محیط نباید اندازه‌های بزرگتر از ۵ میکرو متر داشته باشند. سایر معیارهای این استاندارد در جدول زیر بیان شده است.

جدول ۲- دسته‌بندی اتاق‌های تمیز بر اساس استاندارد BS 5295

حداکثر غلظت مجاز ذرات در متر مکعب $m^3$					دسته‌بندی اتاق تمیز
$\geq 25 \mu m$	$\geq 10 \mu m$	$\geq 5 \mu m$	$\geq 1 \mu m$	$\geq 0.5 \mu m$	
0	0	0		3000	Class 1
	30	2000		300000	Class 2
300	4000	20000	1000000		Class 3
4000	40000	200000			Class 4

در ادامه استاندارد پرکاربرد GMP EU مورد مطالعه قرار می‌گیرد. این استاندارد کاربرد بسیار زیادی در تولید و اعتبار سنجی اتاق‌های تمیزی دارد که در صنایع مختلف مانند تولید دارو استفاده می‌شوند. این استاندارد اندازه‌گیری و اعتبار سنجی اتاق تمیز را در دو حالت مختلف مورد ارزیابی قرار می‌دهد. حالت



اول زمانی است که اتاق تمیز در حالت استراحت یا آماده به کار قرار دارد و حالت دوم در جدول زیر زمانی است که اتاق تمیز در حال کار قرار دارد. در ادامه، این استاندارد و غلظت ذرات مجاز در آن به صورت دقیق مورد بررسی قرار گرفته است.

جدول ۳- دسته‌بندی اتاق‌های تمیز بر اساس استاندارد GMP EU

حداکثر غلظت مجاز ذرات در متر مکعب $m^3$				دسته‌بندی اتاق تمیز
در حال کار		در حال آماده به کار		
$5 \mu m$	$0.5 \mu m$	$5 \mu m$	$0.5 \mu m$	
20	3520	20	3520	Class A
2900	352000	29	3520	Class B
29000	3520000	2900	352000	Class C
		29000	3520000	Class D

در انتها نیز استاندارد پرکاربرد ISO 14644-1 به صورت دقیق و با جزئیات مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

جدول ۴- دسته‌بندی اتاق‌های تمیز بر اساس استاندارد ISO 14644-1

FS 209E	حداکثر غلظت مجاز ذرات در متر مکعب $m^3$						دسته‌بندی اتاق تمیز
	$\geq 5 \mu m$	$\geq 1 \mu m$	$\geq 0.5 \mu m$	$\geq 0.3 \mu m$	$\geq 0.2 \mu m$	$\geq 0.1 \mu m$	
	0.0029	0.083	0.35	1.02	2.37	10	ISO 1
	0.029	0.83	3.5	10.2	23.7	100	ISO 2
Class 1	0.29	8.3	35	102	237	1000	ISO 3
Class 10	2.9	83	352	1020	2370	10000	ISO 4
Class 100	29	832	3520	10200	23700	100000	ISO 5
Class 1000	293	8320	35200	102000	237000	$1.0 \times 10^6$	ISO 6
Class 10000	2930	83200	352000	1020000	$2.37 \times 10^6$	$1.0 \times 10^7$	ISO 7
Class 100000	29300	832000	3520000	$1.02 \times 10^7$	$2.37 \times 10^7$	$1.0 \times 10^8$	ISO 8
هوای اتاق	293000	8320000	35200000	$1.02 \times 10^8$	$2.37 \times 10^8$	$1.0 \times 10^9$	ISO 9

بنابراین همانطور که بیان شد، اتاق تمیز مکانی است که مقدار بسیار کمی از آلودگی‌ها مانند گرد و خاک، ذرات معلق، ذرات آئروسل و بخارات شیمیایی در آن حضور دارند و این اتاق‌های تمیز کاربرد زیادی در

تولید نیمه‌هادی‌ها و قطعات الکترونیکی، تولید داروهای مختلف، صنعت بایو، ابزارهای مختلف پزشکی و اتاق‌های عمل دارد.

