تاسیسات اتاق های بیمارستانی

کیفیت هوای داخلی ساختمان ها برای راحتی و سلامت انسان ها از اهمیت بالایی برخوردار است. هوایی که در محیط بیرون جریان دارد و توسط وسایط نقلیه و مردم جا به جا می شود حاوی هر نوع آلودگی بوده و حذف ذرات آلوده مخصوصا در محیط های استریل و بیمارستانی امری ضروری می باشد.

اتاق های تمیز طور خاصی طراحی می شوند تا غلظت ذرات معلق در هوا را در محدوده خاصی نگاه دارند. در صنعت اتاق های تمیز برای ساخت سخت افزارهای الکترونیکی مانند مدارات (ICs) و دیسک ها کاربرد دارند .چرا که این اجسام نیاز به محیط های ویژه ای دارند. در علم پزشکی کاربرد این اتاق ها زمانی است که نیاز به محیط های عاری از باکتری و ویروس برای بیماران باشد.

ویژگی ها ذرات در هوا

ذرات موجود در هوا به صورت جامد معلق می باشند که ما اینجا آن ها را به سه دسته تقسیم می کنیم

۱. ذراتی که در تمام جهات معلق اند
۲. ذراتی که قطر آن ها از ۰,۰۰۱ تا ۱۰۰ میکرون اند
۳. ذرات شناور

اندازه آلاینده ها معمولا در حد میکرون بوده. یعنی یک میلیونیم متر. (برای اینکه این اندازه را بهتر درک کنید یک تار موی انسان حدود ۷۵-۱۰۰ میکرون قطر دارد. یک ذره میکرونی ۲۰۰ برابر کوچکتر از موی انسان است و این اندازه کوچک در اتاق عمل می توان فاجعه به بار آورد.)

غلظت آلودگی در اتاق

غلظت آلودگی در یک فضای محدود مثلا یک اتاق، بستگی به مقدار مواد آلوده پخش شده در اتاق، تامین هوای تازه، موقعیت ورودی ها و ساخت و ساز، اصول مورد استفاده برای تامین و خروجی از فضا، جریان سیال درفضا

غلظت آلودگی در یک فضای محدود به عنوان مثال یک اتاق، ظرف، مخزن و ... به عوامل زیر بستگی دارد:

- مقدار مواد آلوده پخش شده در فضا

- مقدار هوای تازه تامین شده

- موقعیت خروجی ها و ساخت وساز

- اصول مورد استفاده برای تامین و خروج از فضا

- جریان سیال در فضا

$$c = q / n V (۱ - e^{-nt}) + (c - ر c (ر e^{-nt} + c۱) ۲$$

، (h-۱ تغیرات حجم بر حسب (n میزان آلودگی افزده شده به فضا، q غلظت در فضا برای ترکیبی کامل ، Cکه در این رابطه ۱ غلظت سیال می باشد.۱c غلظت در فضا در شروع و c عدد ثابت و معادل ...۲,۷۱۸۲۸۱۸۲۸٤٥۹، e حجم یا جرم فضا، V

) و غلظت سیال صفر باشد رابطه (۱) به صورت زیر در می آید:۰=tحال در صورتی که غلظت اولیه(

$$c = q / n V (۱ - e^{-nt}۲) ($$

۱=V و حجم از فضا ۱ = Q را در حالی که میزان آلودگی Cپس از مدتی غلظت در اتاق تثبیت خواهد شد. جدول زیر مقدار می باشد را نشان می دهد:

تغییرات حجم بر	غلظت آلودگی - $(m^۳/m^۳)$ (kg/kg)								
ساعت(1/h)	۱۰	۲۰	٤۰	۸۰	۱٦۰	۳۲۰	٦٤۰	۱۲۸۰	۲٥٦۰
۰,٥	۰,۱٥۹۹	۰,۳۰۷۰	۰,٥٦٦۹	۰,۹۷۳۲	۱,٤۷۲۸	۱,۸٦۱۰	۱,۹۹۰۳	۲,۰۰۰۰	۲,۰۰۰۰
۱	۰,۱٥۳٥	۰,۲۸۳٥	۰,٤۸٦٦	۰,۷۳٦٤	۰,۹۳۰٥	۰,۹۹٥۲	۱,۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰
۲	۰,۱٤۱۷	۰,۲٤۳۳	۰,۳٦۸۲	۰,٤٦٥۳	۰,٤۹۷٦	۰,٥۰۰۰	۰,٥۰۰۰	۰,٥۰۰۰	۰,٥۰۰۰
٤	۰,۱۲۱٦	۰,۱۸٤۱	۰,۲۳۲٦	۰,۲٤۸۸	۰,۲٥۰۰	۰,۲٥۰۰	۰,۲٥۰۰	۰,۲٥۰۰	۰,۲٥۰۰
۸	۰,۰۹۲۱	۰,۱۱٦۳	۰,۱۲٤٤	۰,۱۲٥۰	۰,۱۲٥۰	۰,۱۲٥۰	۰,۱۲٥۰	۰,۱۲٥۰	۰,۱۲٥۰
۱٦	۰,۰٥۸۲	۰,۰٦۲۲	۰,۰٦۲٥	۰,۰٦۲٥	۰,۰٦۲٥	۰,۰٦۲٥	۰,۰٦۲٥	۰,۰٦۲٥	۰,۰٦۲٥
۳۲	۰,۰۳۱۱	۰,۰۳۱۲	۰,۰۳۱۲	۰,۰۳۱۳	۰,۰۳۱۳	۰,۰۳۱۳	۰,۰۳۱۳	۰,۰۳۱۳	۰,۰۳۱۳
٦٤	۰,۰۱٥٦	۰,۰۱٥٦	۰,۰۱٥٦	۰,۰۱٥٦	۰,۰۱٥٦	۰,۰۱٥٦	۰,۰۱٥٦	۰,۰۱٥٦	۰,۰۱٥٦

منابع آلودگی در بیمارستان

سطح آلودگی موجود در هوا در یک اتاق تمیز بستگی به فعالیت پرسنل و حرکت تجهیزات آن محیط دارد. اما مشخص شده که بسیاری از این آلاینده ها چند منبع اصلی دارند:

۱. *امکانات وسایط* : در، دیوارها، رنگ و پوشش، مصالح ساختمانی، گرد و غبار دستگاه تهویه، بخارات موجود در فضا،
۲. *مردم* : پوست بدن، روغن و کرم ها، آب دهان، مو، لوازم آرایشی و عطر، پرز لباس ها
۳. *ابزار و تجهیزات*: سایش ذرات، روان کننده ها، ارتعاشات،
٤. *ذرات شناور*: باکتری ها و مواد آلی مرطوب، مواد شیمیایی تمیز کننده، آب مقطر

این لیست برخی از آلاینده های شناخته شده است. هدف اصلی از طراحی اتاق تمیز جلوگیری از ورود این آلاینده ها به

اتاق تمیز است.

cleanroomتعریف

اتاق تمیز اتاقی است که در آن **غلظت ذرات موجود در هوا** کنترل شود و طوری ساخته می ISO ١٤٦٤٤-١طبق تعریف شود که تا حد ممکن تولید و نگه داری ذرات به واسطه پارامترهای دما، فشار و رطوبت در آن به حداقل برسد. قابل توجه‌است که اتاق تمیز محیط استریل نیست و الزاماً به دلیل کنترل ذرات معلق در هوای محیط، اتاق تمیز نامیده می‌شود. این ذرات توسط دستگاه شمارنده قابل اندازه گیری می باشند.

cleanroomطبقه بندی

مشخصات اتاق تمیز برای ذرات غبار، با توجه به حداکثر قطر مجاز و تعداد مجاز ذرات در واحد حجم تعریف می شود. برای ذرات غیر آلاینده حداکثر تراکم مجاز میکروب ها به ازای هر متر مکعب و یا مولکول در هر متر مکعب تعریف می شود. تعیین پاک بودن یک منطقه بسته به کلاس طراحی آن محیط دارد.

class	۰٫۱ µm	۰٫۲ µm	۰٫۳ µm	۰٫۵ µm	۵ µm
۱	۳۵	۷	۳	۱	
۱۰	۳۵۰	۷۵	۳۰	۱۰	

۱۰۰	۳۵۰۰	۷۵۰	۳۰۰	۱۰۰	
۱،۰۰۰				۱،۰۰۰	۷
۱۰،۰۰۰				۱۰،۰۰۰	۷۰
۱۰۰،۰۰۰				۱۰۰،۰۰۰	۷۰۰

میکرون در یک فوت مکعب نباید باشد.۰,۵ ذره بزگتر از ۱۰۰ اتاق تمیز بیش از ۱۰۰توضیح جدول: برای مثال کلاس

عناصر کلیدی طراحی اتاق تمیز

چهار جز اصلی برای کنترل یک محیط تعریف شده:

۱. **معماری اتاق تمیز**- استفاده از مصالح مناسب در ساخت کف جهت به حداقل رساندن آلودگی کف
۲. **مانیتورینگ**- سیستم مانیتورینگ تمیزی اتاق، ارتباط فشار میان محیط داخل اتاق و بیرون، درجه حرارت و رطوبت حتی میزان سرو صدا و ارتعاشات را ثبت می کند.
۳. **سیستم تهویه مطبوع**- یکپارچگی محیط اتاق تمیز از لحاظ گرمایش، تهویه مطبوع و تامین هوای کافی برای حفظ فشار مثبت اتاق، انتشار هوا و جلوگیری از راکد ماندن هوا در یک نقطه، فیلتراسیون هوا و سیرکوله نمودن ، کنترل دما و رطوبت اتاق. **(High Efficiency Particulate Air Filter)**آن با فیلترهای هپا
٤. **تعامل تکنولوژی**_ این موضوع شامل دو بخش است a) حرکت اجسام در اتاق و جنبش افراد b) نگه داری و پاکیزگی.

شرایط داخل اتاق تمیز

دما و رطوبت اتاق تمیز در فاز اولیه طراحی باید به دقت بررسی گردد. چرا که استراتژی هر اتاق می بایست به صورت مجزا مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

دما پیشنهادی

درجه حرارت آسایش بسته به مساحت مورد نظر و تعداد پرسنل معمولا ۲۰ درجه سلسیوس پیشنهاد می شود. در سیستم تک گذر از آنجایی که کل هوای بیرون دارای بار نهان و محسوس بوده لذا می بایست قبل از ورود به اتاق کاملا تهویه شوند و دما و رطوبتش کم شود. در زمستان که هوای بیرون ٤ درجه سلسیوس است می بایست پیش گرمایش نیز بار محسوس از گرمای تجهیزات ناشی می شود و بار نهان نیز ٪۹۵انجام شود. برای واحدهای با گردش مجدد هوا بیش از که توسط پرسنل ایجاد می شود بسیار ناچیز است.

پیشنهاد رطوبت نسبی اتاق تمیز

به نسبت مقدار رطوبت موجود در هوا و ماکزیمم رطوبتی که هوا می تواند در همان دما در خود نگه دارد ، رطوبت نسبی

گفته می شود.

) برای یک محیط با در نظر گرفتن شرایط آسایش حدود ٤٥ تا ٥٠ در صد است. در شرایط خاص تجهیزات RHرطوبت نسبی (اتاق تمیز می توانند در محدوده وسیعی از رطوبت (٢٠ تا ٧٠ درصد) قرار گیرند. اما هدف مطلوب رسیدن به همان رطوبت ٤٥ تا ٥٠ در صد می باشد. به دلایل زیر:

١. خیلی بالا نیز باشد RHرطوبت نسبی خیلی پایین پوست بدن را خشک کرده و باعث ریختن آن می شود. اگر شرایط رشد آلاینده های بیولوژیکی و میکروب ها افزایش می یابد.
٢. از طرفی باعث خوردگی شدید تجهیرات الکترونیکی و نیمه هادی ها می شود.RHبالا بودن سطح
٣. سطح بالای رطوبت داروهای پودری هیدروسکوپیک را که به رطوبت حساس هستند، از بین می برد.
٤. پایین تولید الکتریسیته ساکن می کند که تخلیه آن در محیط هایی با رطوبت ٣٥ در صد خطرناک است.RH

٥ درصد ممکن است در سیستم های تهویه مطبوع نامعقول به نظر آید اما در یک اتاق تمیز با تولید بخار بالا، RHمحدود فشار مثبت و نفوذ صفر هوا تامین این شرایط مقدور است. سیستم تهویه مطبوع بیمارستانی توانایی ایجاد هر دو شرایط رطوبت زنی و رطوبت زدایی را دارد.

رطوبت زدایی

رطوبت زدایی معمولا توسط خنک کننده ها تا زیر نقطه شبنم انجام می شود. کویل های سرد هواساز این وظیفه را به بوده تا بیشترین سطح تماس را با سطح کویل داشته باشند. m/sec^2 ١٢٠عهده دارند. سرعت عبور هوا از این کویل ها پس از عبور هوا از کویل های سرد و رطوبت زدایی بازگرمایش نیاز است. ترموستات باید در هر مرحله فرایندهای حیاتی و درجه حرارت لازم را کنترل کند. اگر رطوبت کمتر از ٤٠ درصد مورد نیاز باشد، کویل ها قادر به تامین شرایط نیستند بلکه باید از جاذب های جانبی نیز بهره جست.

رطوبت زنی

برای افزایش رطوبت هوا یک رطوبت زن روی هواساز نصب است. رطوبت زن ها برای نقاط مختلف بخار تنظیم شده اند. اگر کنترل رطوبت برای یک منطقه خاص مورد نیاز باشد، با اتصال یک کانال به رطوبت زن، رطوبت آن منطقه را بالا می برند. برای حفظ رطوبت کل محیط سنسوری روی هواساز نصب می شود اما برای کنترل یک اتاق خاص، سنسور باید در اتاق نصب شود.

سیستم مانیتورینگ و نظارت مستمر

در اتاق های تمیز نظارت و مانیتورینگ محیط و تجهیزات بسیار حائز اهمیت است. موارد زیر توسط این سیستم نظارت می شود.

۱. اتوماسیون باید قادر به نظارت بر نقاط طراحی محیط بر اساس طراحی اولیه باشد.

۲. سنسور دما، رطوبت، سوییچ فیلترها، شمارنده ذرات گرد و غبار باید اطلاعات دقیق اتاق را در اختیار سیستم نظارتی قرار دهد.

۳. سیستم نظارتی باید قادر به نشان دادن و ضبط هشدارها در حین پردازش دما، رطوبت و فشار باشد.

٤. سیستم باید بتواند اطلاعات سایکرومتریک در فصول مختلف سال را تحلیل کرده و شرایط آسایش داخل اتاق را بر حسب آن کنترل نماید.

۵. سیستم باید شمارنده دقیق ذرات اتاق تمیز را مدام کنترل کند.

٦. پیکربندی سیستم باید به صورت دوره ای توسط پرسنل آموزش دیده ارزیابی شود تا اطمینان حاصل شود تطابق دستگاه با شرایط اتاق بدون اشکال باشد.

۷. اتاق تمیز باید واحدهای خودکار تشخیص دود و سیلندر های حفاظت از آتش برای تشخیص آتش و آلارم و خاموش کردن آن داشته باشند.

۱-۱٤٦٤٤ برای اتاق تمیز ISOاستاندارد

ISOمحدودیت های اتاق تمیز در استاندارد

۱-۱٤٦٤٤:

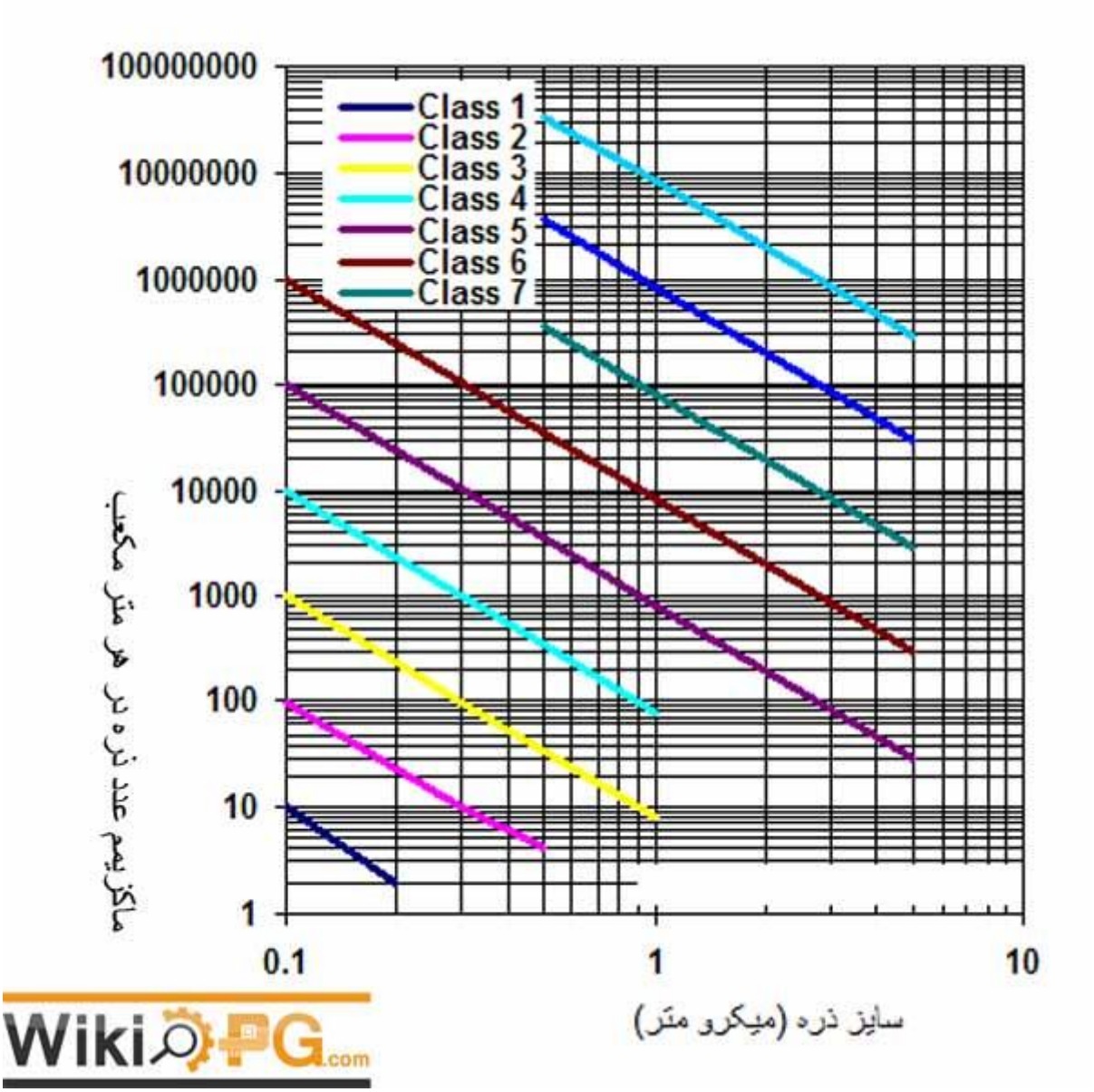
اتاق تمیز تقریبا عاری از آلودگی، از قبیل گرد و غبار و یا باکتری است و در کارهای آزمایشگاهی و در تولید قطعات دقیق برای تجهیزات الکترونیکی و هوا فضا استفاده می شود.

۱-۱٤٦٤٤ طبقه بندی از هوای پاکیزه طبق رابطه زیر تعریف می شود:ISOدر استاندارد

$$C_n = N / (0,1) \times (1/D)^{2,08}$$

که در این رابطه C_n حداکثر تعداد مجاز ذرات در هر متر مکعب برابر با یا بزرگتر از اندازه ذرات مشخص شده به تعداد کل، N *تعداد کلاس ISO که باید بین ۰,۱ و۹ باشد و* D *اندازه ذرات در میکرومتر است.*

کلاس ISO (ISO Class)	حداکثر تعداد ذرات در هوا(ذرات در هر متر مکعب برابر یا بزرگتر از اندازه مشخص شده) اندازه ذرات					
	۰,۱ µm >	***۰,۲ µm >***	***۰,۳ µm >***	***۰,۵ µm >***	***۱ µm >***	***۵ µm >***
ISO Class ۱	۱۰	۱۰	۲٤	--	--	--
ISO Class ۲	۱۰۰	۱۰۲	۲۳۷	٤	--	--
ISO Class ۳	۱۰۰۰	۱،۰۲۰	۲،۳۷۰	۳۵	۸	--
ISO Class ٤	۱۰،۰۰۰	۱۰،۲۰۰	۲۳،۷۰۰	۳۵۲	۸۳	--
ISO Class ۵	۱۰۰،۰۰۰	۱۰۲،۰۰۰	۲۳۷،۰۰۰	۳،۵۲۰	۸۳۲	۲۹
ISO Class ٦	۱،۰۰۰،۰۰۰	۱۰	۲٤	۳۵،۲۰۰	۸،۳۲۰	۲۹۳
ISO Class ۷	--	--	--	۳۵۲،۰۰۰	۸۳،۲۰۰	۲۹۳۰
ISO Class ۸	--	--	--	۳،۵۲۰،۰۰۰	۸۳۲،۰۰۰	۲۹،۳۰۰
ISO Class ۹	--	--	--	۳۵،۲۰۰،۰۰۰	۸،۳۲۰،۰۰۰	۲۹۳،۰۰۰



برای اتاق تمیز:ISOاستاندارد های

طبقه بندی پاکیزگی هوا	ISO-۱٤٦٤٤-۱
اتاق تمیز برای انطباق	ISO-۱٤٦٤٤-۲
روش برای ارزیابی و اندازه گیری اتاق تمیز و محیط کنترل شده	ISO-۱٤٦٤٤-۳
طراحی اتاق تمیز و ساخت و ساز	ISO-۱٤٦٤٤-٤
عملیات اتاق تمیز	ISO-۱٤٦٤٤-٥
قوانین و مقررات، تعاریف و واحدها	ISO-۱٤٦٤٤-٦
دستگاه تمیز پیشرفته	ISO-۱٤٦٤٤-۷
آلودگی مولکولی	ISO-۱٤٦٤٤-۸
کنترل اصول کلی	ISO-۱٤٦۹۸-۱
ارزیابی و تفسیر داده ها	ISO-۱٤٦۹۸-۲
روش اندازه گیری برای بهره وری از تمیز کردن سطوح	ISO-۱٤٦۹۸-۳