

راهنمای ایمنی زیستی در آزمایشگاه‌های تحقیقاتی و بالینی

تدوین: دکتر علی رضانی

فهرست صفحات

۶	فصل اول
۶	سطوح ایمنی آزمایشگاهی و ارزیابی خطر
۷	مقدمه
۷	سطوح ایمنی آزمایشگاههای زیستی
۷	سطح ۱ ایمنی زیستی (آزمایشگاه پایه)
۸	سطح ۲ ایمنی زیستی (آزمایشگاه پایه)
۱۰	سطح ۳ ایمنی زیستی (آزمایشگاه محدود شده)
۱۱	سطح ۴ ایمنی زیستی (آزمایشگاه با محدودیت حداکثر)
۱۲	تقسیم‌بندی گروه‌های خطر
۱۴	فصل دوم
۱۴	امکانات حیوانات آزمایشگاهی
۱۶	ایمنی زیستی سطح ۱ حیوانخانه
۱۶	ایمنی زیستی سطح ۲ حیوانخانه
۱۸	ایمنی زیستی سطح ۳ حیوانخانه
۱۹	ایمنی زیستی سطح ۴ حیوانخانه
۲۰	بی‌مهرگان
۲۱	فصل سوم
۲۱	ایمنی کار با تجهیزات آزمایشگاهی
۲۲	هودهای زیستی

۲۵	نکات ایمنی جهت کار با هودهای زیستی
۲۷	پیپت
۲۷	نکات ایمنی هنگام کار با استفاده از پیپت و پیپت کننده
۲۷	سانتریفوژ
۲۸	هموژنایز، شیکر و سونیکاتور
۲۹	شیکر
۲۹	سونیکاتور
۳۰	یخچال و فریزر
۳۰	اتوکلاو
۳۱	نیتروژن مایع
۳۲	ورتکس - اسپین
۳۲	صفحه گرم کننده (Hot Plate)
۳۲	مایکروویو
۳۳	کپسول های گاز
۳۵	میکروتوم
۳۶	فصل چهارم
۳۶	وسایل حفاظت شخصی
۳۷	روپوش ها و پیش بندهای آزمایشگاهی
۳۷	عینک های ایمنی و ماسک های صورت
۳۷	ماسک های تنفسی
۳۸	دستکش
۳۹	فصل پنجم
۳۹	مقررات ایمنی کار در با نمونه های میکروبی
۴۰	ظروف نگهداری نمونه ها

۴۰ _____ جا به جا نمودن نمونه ها

۴۰ _____ کار با نمونه های میکروبیولوژیک

۴۱ _____ باز کردن آمپول های حاوی نمونه های لیوفلیزه

۴۳ _____ **فصل ششم**

۴۳ _____ **مقررات ایمنی کار با انواع نمونه ها و DNA نو ترکیب**

۴۴ _____ استفاده امن نمونه ها در آزمایشگاه

۴۵ _____ جدا کردن سرم

۴۵ _____ جمع آوری برچسب زنی و نقل و انتقال نمونه ها

۴۶ _____ باز کردن لوله های نمونه و مندرجات نمونه برداری

۴۶ _____ فیلم ها و لام ها برای مشاهدات میکروسکوپی

۴۶ _____ بافت ها

۴۷ _____ مقررات ایمنی کار با نمونه های حاوی پریون

۴۸ _____ مقررات ایمنی کار با DNA نو ترکیب

۴۹ _____ جانوران ترانسژن و Knock-out

۵۰ _____ گیاهان ترانسژن

۵۰ _____ سنجش خطر ارگانسیم های تغییر یافته ژنتیکی

۵۲ _____ **فصل هفتم**

۵۲ _____ **اقدامات فوری، ضد عفونی کردن و استریلیزاسیون**

۵۳ _____ برنامه حوادث احتمالی و روش های اضطراری

۵۳ _____ برنامه حوادث احتمالی در آزمایشگاه

۵۴ _____ زخم ها، بریدگی ها و خراش ها

۵۴ _____ بلع مواد عفونی

۵۴ _____ رهایی ذرات بالقوه عفونی به خارج از هود بیولوژیک

۵۴ _____ شکستن ظروف و ریختن مواد عفونی

۵۵ شکستن لوله‌های محتوی مواد بالقوه آلوده درون سانتریفیوژهای فاقد باکت‌های درپوش‌دار _____

۵۵ شکستگی لوله درون باکت‌های درپوش‌دار (کاسه‌های ایمنی) _____

۵۶ آتش‌سوزی و بلایای طبیعی _____

۵۶ سرویس‌های اضطراری (یا با چه کسی تماس بگیرید) _____

۵۶ تجهیزات اضطراری _____

۵۷ ضد عفونی کردن و روش‌های استریلیزاسیون _____

۵۸ راه‌های استریل‌سازی _____

۶۰ پرتودهی _____

۶۰ مواد شیمیایی _____

۶۴ تمیز کردن وسایل آزمایشگاهی _____

۶۴ آلودگی زدائی موضعی در محیط کار _____

۶۵ ضد عفونی کردن هودهای بیولوژیک _____

۶۶ شستن دست‌ها/ آلودگی زدایی دست _____

۶۷ فصل هشتم _____

۶۷ زباله‌ها، مواد شیمیایی و سایر مخاطرات _____

۶۸ مخاطرات شیمیایی _____

۷۰ اثرات سمی مواد شیمیایی _____

۷۱ ریختن مواد شیمیایی _____

۷۲ دیگر مخاطرات آزمایشگاهی _____

۷۳ اصول حفاظت در برابر تشعشعات یونیزه کننده _____

۷۵ روش‌های ایمنی برای کار با رادیونوکلئیدها _____

۷۷ فصل نهم _____

۷۷ ایمنی کار با نانومواد _____

۷۸ اثرات زیست محیطی _____

نکات و اقدامات مهم ایمنی در کار با نانومواد: کنترل مهندسی و حفاظت شخصی _____ ۷۹

پوشش های حفاظت شخصی _____ ۸۰

تمیز کردن فضای کار و دفع زباله های حاوی نانومواد _____ ۸۱

منابع: _____ ۸۱

پیوست _____ ۸۲

فهرست مواد شیمیایی و هشدارها _____ ۸۲

فصل اول

سطوح ایمنی آزمایشگاهی و ارزیابی خطر

مقدمه

کارکردن در آزمایشگاه بسته به ماهیت نمونه‌های مورد آزمایش، مواد به کار رفته در روش آزمایش، و ابزارهای مورد استفاده می‌تواند متضمن خطرات مختلفی باشد. این خطرات می‌تواند فقط متوجه شخص آزمایش کننده باشد، یا سلامت سایر افراد جامعه را به خطر بیندازد، و یا باعث آلودگی‌های زیست محیطی شود. آگاهی و شناخت این عوامل خطرآفرین و تهدید کننده سلامت، و اندیشیدن تمهیدات و شیوه‌های پیشگیری از بروز مخاطرات مقدمه‌ای برای برقراری نظام ایمنی می‌باشد.

هدف از برقراری سیستم ایمنی در آزمایشگاه‌ها فراهم ساختن شرایط محیط کار به صورتی است که همه کارکنان بتوانند تحت آن شرایط با حداکثر ایمنی ممکن به کار خود ادامه دهند و آزمایشگاه و تجهیزات و مواد موجود در آن وضعیت مطلوب خود را داشته و دچار خسارات مختلف نگردند.

سطوح ایمنی آزمایشگاه‌های زیستی^۱

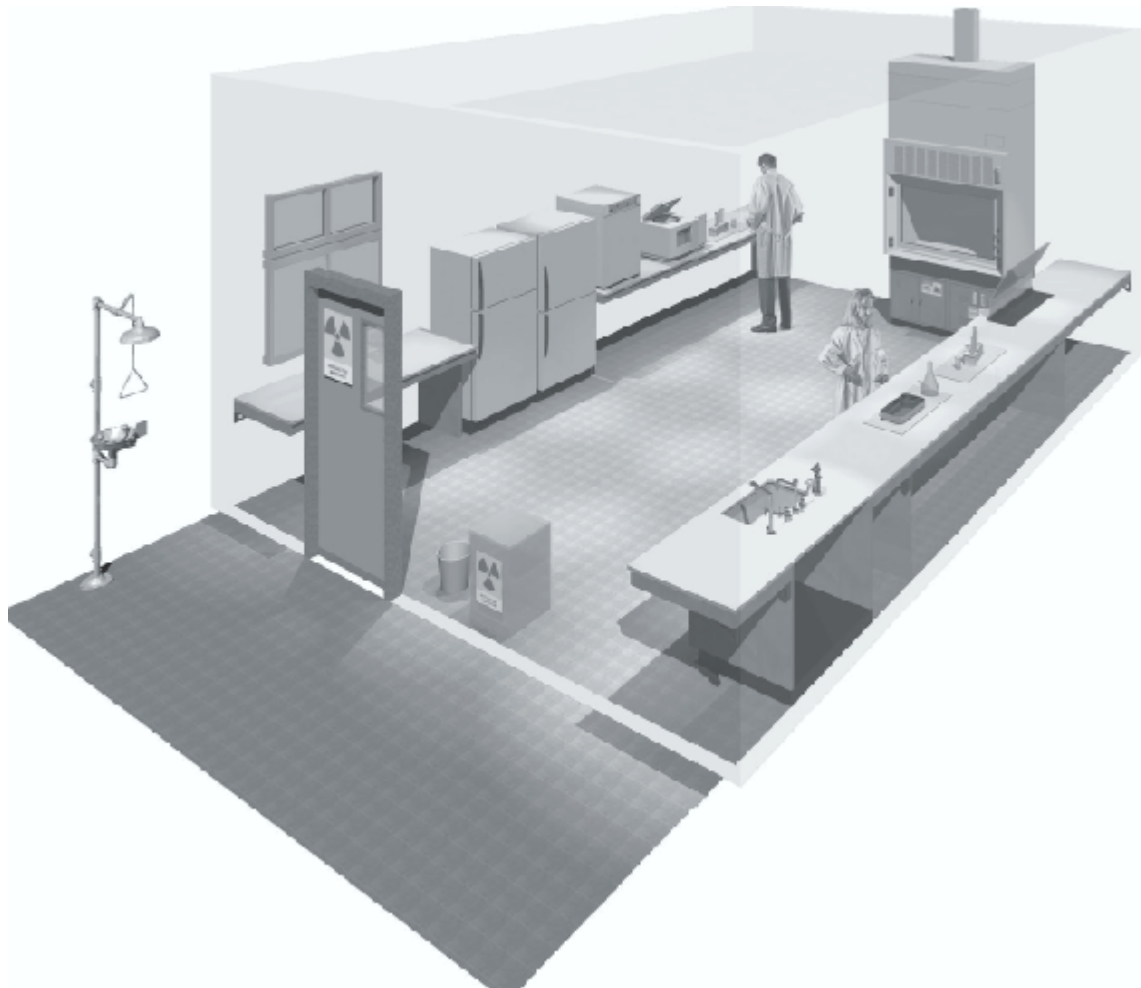
آزمایشگاه‌های زیستی از نظر امکانات و تجهیزات به چهار سطح ایمنی تقسیم می‌شوند: سطح 1 ایمنی ابتدایی، سطح 2 ایمنی ابتدایی، سطح 3 ایمنی و بالاترین سطح محدود سازی یا سطح 4 ایمنی. این سطوح با توجه به ساختار، نحوه طراحی، امکانات و تجهیزات، نوع فرآیندهای قابل انجام روی ارگانسیم های مختلف تعیین می‌شوند.

سطح ۱ ایمنی زیستی (آزمایشگاه پایه)

این آزمایشگاهها برای کار با میکروارگانسیم های کاملا شناخته شده که دارای خطرات بسیار اندک بوده یا کاملا بی خطرند، تجهیز شده اند (شکل ۱). این آزمایشگاهها دارای مشخصات زیر می باشند:

- ۱- از سایر بخش های ساختمان جدا نشده اند.
 - ۲- دارای پيپت های مکانیکی هستند: کشیدن مایعات با دهان ممنوع است.
 - ۳- اکثر کارها با حفظ استانداردهای اولیه مانند استفاده از روپوش و دستکش، روی میزها انجام می شود.
 - ۴- هودهای زیستی برای انجام کار با نمونه های عفونت زا و کارهایی که سبب تولید آيروسل ها می شوند مانند خرد کردن بافت ها، شیک کردن، سونیکاسیون و باز کردن ظروفی که فشار درون آنها کمتر است، استفاده می شود.
 - ۵- اتوکلاو وسایر وسایل استریل سازی موجود می باشد.
- کارکنان اینگونه آزمایشگاهها بهتر است قبل از شروع کار خود آزمایشات کامل پزشکی ارائه دهند و سابقه پزشکی آنها ثبت شود. کار در چنین آزمایشگاههایی گرچه شامل میکروارگانسیم های بسیار خطرناک نمی شود، اما برای زنان باردار خطرآفرین است.

¹ Laboratory Biosafety Levels



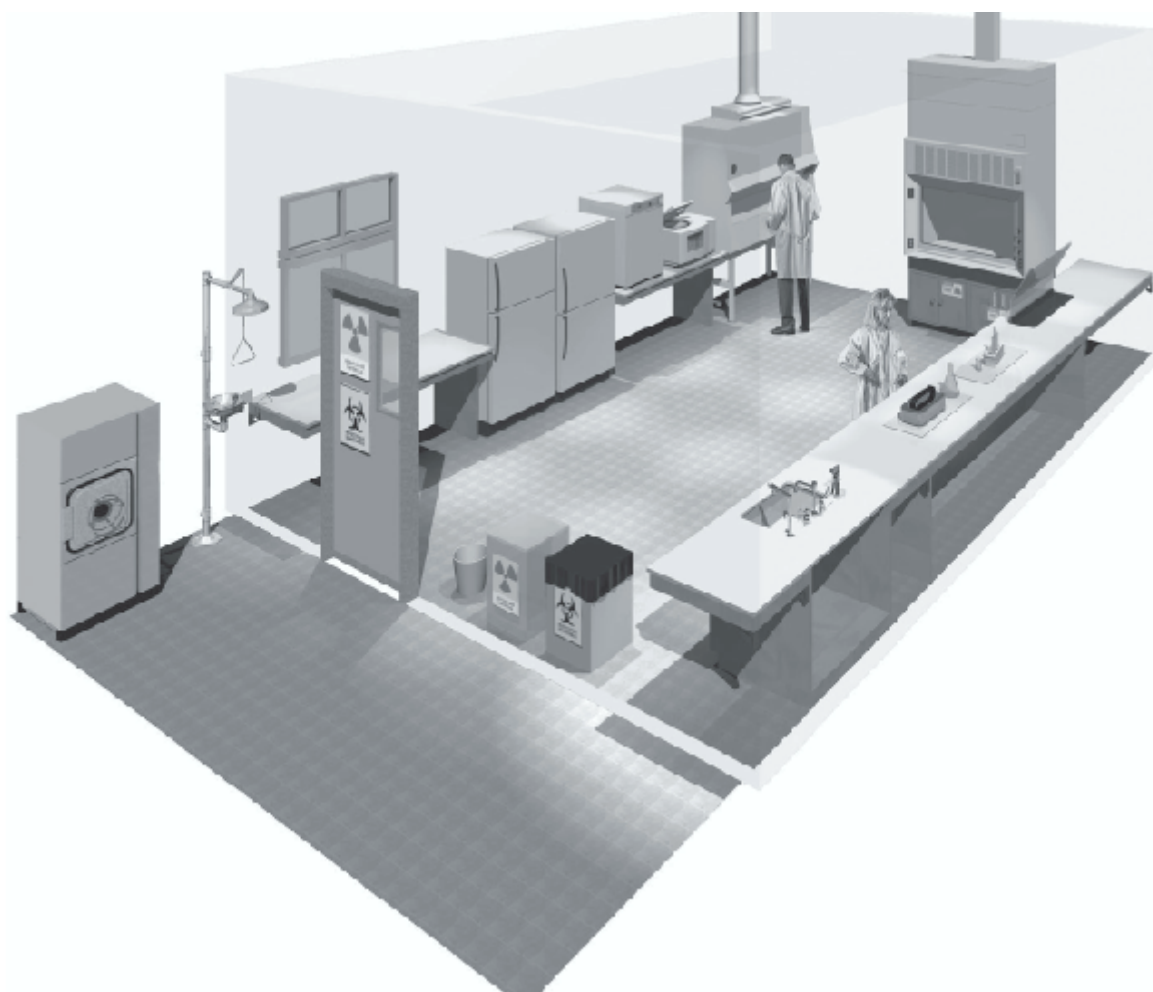
شکل ۱. تصویر شماتیک از آزمایشگاه ایمنی زیستی سطح ۱

سطح ۲ ایمنی زیستی (آزمایشگاه پایه)

این آزمایشگاهها برای کار با ارگانیسم های بیماریزایی تجهیز می شود که راههای درمانی همچنین واکسن جهت پیشگیری از ابتلا به آنها موجود می باشد (شکل ۲). به عنوان مثال در این آزمایشگاهها می توان با بافتها و مایعات بدنی انسان، آدنوویروس ها، استافیلوکوکوس اورئوس، سودوموناس ، C و B عوامل عفونت زایی مانند ویروس هپاتیت آروژینوزا کار کرد.

- اکثر کارها بر روی میزهای آزمایشگاهی انجام می گیرد.

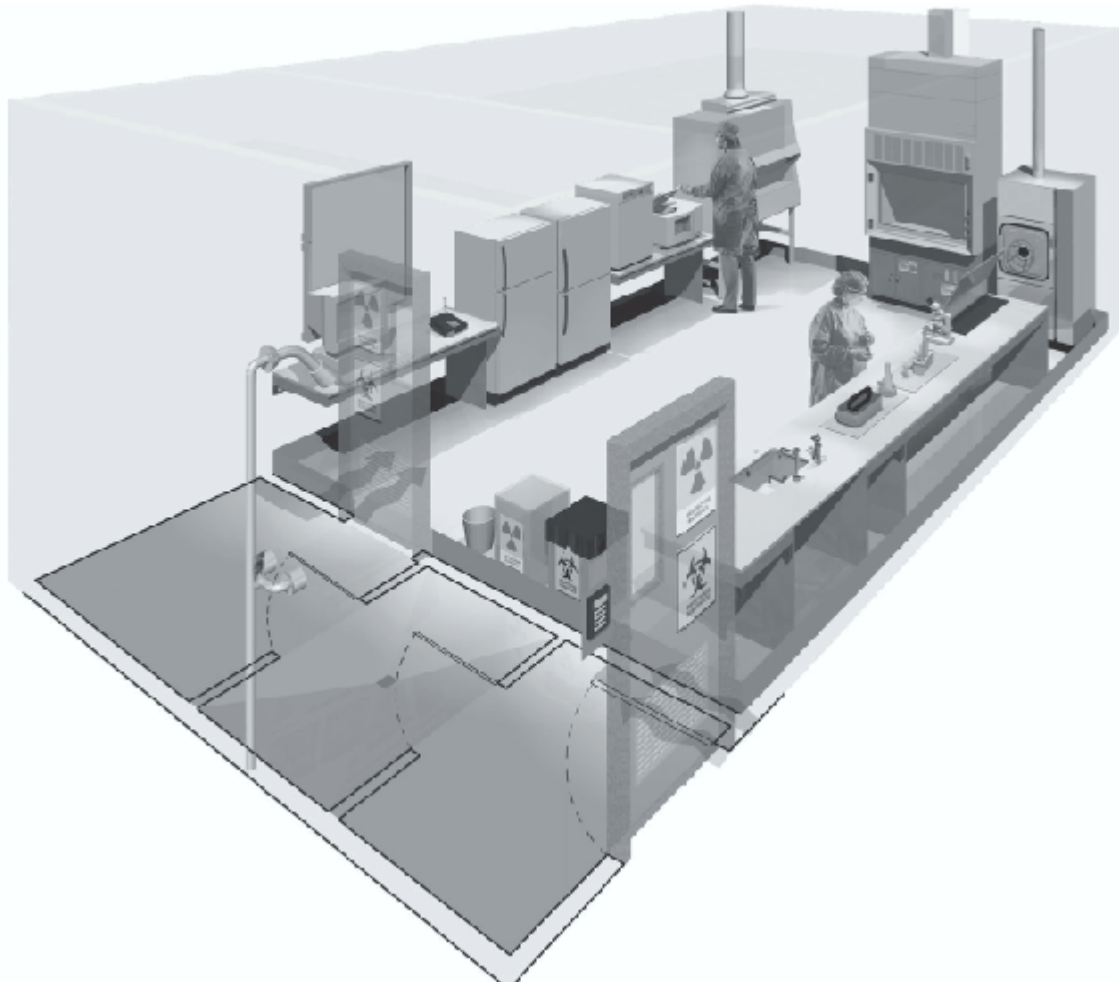
- در صورتیکه کار بر روی نمونه سبب ایجاد آبروسل شده یا استریل ماندن نمونه مهم باشد از هودهای زیستی استفاده می شود.
- افراد مشغول به کار در این آزمایشگاهها باید از خطرات کار با ارگانیسم های موجود و نحوه کار با آن کاملا اطلاع داشته و آموزش های لازم را دیده باشند.
- ورود حیوانات و گیاهانی که در ارتباط با تحقیق در حال انجام نیستند به آزمایشگاه ممنوع است.
- در صورتیکه هنگام کار قطرات آلوده به اطراف پرتاب می شود بایستی از عینک و یا ماسک صورت استفاده نمود.
- کار با وسایل تیز و برنده با حفظ احتیاط بسیار زیاد انجام شود.
- این آزمایشگاهها مجهز به اتوکلاو و دستگاه چشم شور هستند.



شکل ۲. تصویر شماتیک از آزمایشگاه ایمنی زیستی سطح ۲

سطح ۳ ایمنی زیستی (آزمایشگاه محدود شده)

- این آزمایشگاهها جهت کار با میکروارگانیسم های گروه خطر ۳ و یا حجم زیادی از میکروارگانیسم های گروه خطر 2 می باشد. میکروارگانیسم های بومی و ناشناخته یا عوامل عفونت زایی که از راه تنفسی منتقل می شوند و ممکنست بیماریهای کشنده یا بسیار جدی ایجاد نمایند، بایستی در این آزمایشگاهها مورد مطالعه قرار گیرند. به عنوان مثال میکوباکتریوم توبرکلوزیس، کوکسیلا بورتتی و ... در این دسته قرار می گیرند.
- این آزمایشگاهها از سایر راهروهای ساختمان جدا شده اند به طوری که رفت و آمد افراد و جریان هوای کمتری وجود داشته باشد. به عنوان مثال ممکنست در انتهای راهروها قرار داشته یا دارای دو درب ورودی باشند (شکل ۳).
 - قبل از ورود به فضای اصلی آزمایشگاه باید لباسهای آلوده را با لباسهای تمیز تعویض نمود.
 - دیوارها، کف و درها مقاوم به آب هستند و به طور مرتب ضد عفونی می شوند.
 - پنجره ها همواره بسته است و منفذی به بیرون ندارد.
 - دارای اتوکلاو برای استریل سازی مواد آلوده می باشند.
 - کلیه کارها زیر هود انجام می شود.
 - زباله ها قبل از خروج، آلودگی زدایی می شوند.
 - شیر دستشویی موجود در این آزمایشگاهها باید به صورت اتوماتیک کنترل شده و نزدیک به درب خروجی باشد.
- تمام افراد قبل از شروع کار، آزمون های پزشکی کامل را می گذرانند و به طور مرتب نیز از نظر سلامت کنترل می شوند.



شکل ۳. تصویر شماتیک از آزمایشگاه ایمنی زیستی سطح ۲

سطح ۴ ایمنی زیستی (آزمایشگاه با محدودیت حداکثر)

این آزمایشگاهها بیشترین ایمنی را فراهم می کند و خطرات را بسیار محدود می سازند. عوامل به شدت عفونت زا و کشنده، عوامل بسیار مهاجم تنفسی، عوامل بیماریزایی که راه انتقالشان شناخته نشده و عواملی که هیچ واکنش و راه درمانی ندارند، در این آزمایشگاهها مورد مطالعه قرار می گیرند. ابولا، ویروس Sin Nombre عامل تب Rift Valley از جمله این میکروارگانیسم ها هستند. علاوه بر مشخصات آزمایشگاههای ایمنی سطح 3 این آزمایشگاهها باید معیارهای زیر را رعایت نمایند:

- این آزمایشگاهها از سایر نقاط ساختمان جدا هستند.
- ورود و خروج افراد کاملا کنترل می شود.

- قبل از درب اصلی آزمایشگاه حداقل دو درب دیگر وجود دارد و هودهای بیولوژیک در داخل چنین فضایی قرار می گیرند.

- برای کارکنان چنین آزمایشگاه ها بی دوش در نظر گرفته شده که بین درهای ورودی قرار می گیرد.
- اتوکلاو این آزمایشگاهها دارای دو درب می باشد که مواد و وسایل مورد نیاز از خارج آزمایشگاه وارد اتوکلاو می شوند و وقتی که درب خارجی بسته بود، کارکنان درب داخلی را باز کرده و وسایل را بر می دارند.
- لباسهای کارکنان این آزمایشگاهها با سایرین متفاوت است و از ماسکهای تنفسی خاصی استفاده می کنند.
- تمام زباله ها و پساب آزمایشگاهی قبل از خروج، آلوده زدایی می شوند.

تقسیم بندی گروه های خطر

ارگانسیم ها سطوح مختلف خطر آفرینی و بیماریزایی دارند (جدول ۱-۱). بنابراین هنگام کار با عوامل زیستی، با توجه به خطرات احتمالی که ممکنست ایجاد کنند، باید آزمایشگاهی با سطح ایمنی مناسب را انتخاب کرد.

جدول ۱-۱. رده بندی میکروارگانسیم های بیماریزا از نظر میزان عفونت زایی

میکروارگانسیم هایی که برای انسان و حیوانات بیماریزایی ندارند	گروه خطر ۱
پاتوژن هایی که می توانند سبب بیماریهای انسانی و حیوانی شده ولی خطرات جدی برای کارکنان آزمایشگاه یا محیط زیست ایجاد نمی کنند. مواجهه با این عوامل در آزمایشگاه ممکنست سبب ایجاد عفونت گردد ولی درمان های مناسب و به موقع شناخته شده است و می تواند مانع ابتلا به بیماری یا پخش شدن آلودگی شود.	گروه خطر ۲
پاتوژن هایی که سبب بیماریهای شدید و خطرناک در انسان و حیوان می شوند ولی قابل انتقال به سایر افراد نیستند. برای این دسته از ارگانسیم ها نیز راههای درمانی شناخته شده است.	گروه خطر ۳
پاتوژن هایی که نه تنها سبب بروز بیماریهای خطرناک انسانی و حیوانی می شوند بلکه به سادگی از یک فرد به سایر افراد منتقل می شوند. معمولا راههای مناسبی برای پیشگیری و درمان این عفونت ها وجود ندارد.	گروه خطر ۴

تعیین اینکه چه نوع میکروارگانسمی باید در کدام سطح از ایمنی آزمایشگاهی قرار گیرد به خصوصیات آن میکروارگانسیم بستگی دارد:

- نوع بیماری مرتبط با ارگانسیم و شدت بیماری
- راه انتقال به میزبان

- تعداد میزبانهای عامل پاتوژن
- وجود راههای پیشگیری از آلودگی مانند پروفیلاکسی از طریق واکسن یا تزریق آنتی سرم
- وجود راههای درمانی مناسب در صورت ابتلا: استفاده از عوامل ضد میکروبی، ضد ویروسی و سایر داروهای شیمیایی
- به عنوان مثال پاتوژنی که مربوط به گروه خطر 2 می باشد، نیازمند آزمایشگاهی با سطح ایمنی 2 است. اما چنانچه یکی از فرآیندهای کار در آزمایشگاه خطرات احتمالی زیادی به همراه داشته باشد مثلاً حجم زیادی از آبروسل های آلوده تولید کند، باید از امکانات آزمایشگاهی با سطح ایمنی 3 استفاده نمود تا فضای آزمایشگاه آلوده نشود.

فصل دوم

امکانات حیوانات آزمایشگاهی

کسانی که از حیوانات را برای اهداف آزمایشگاهی و تشخیصی استفاده می‌کنند، یک وظیفه اخلاقی جهت مراقبت و جلوگیری از هرگونه درد غیر ضروری یا اذیت شدن حیوان، بکار گیرند. باید یک مکان راحت و بهداشتی با آب و خوراک کافی، برای حیوانات تامین گردد. در پایان آزمایش باید با حیوان با شیوه ی انسانی برخورد شود. به دلایل امنیتی، حیوانخانه باید یک واحد جدا و مستقل در نظر گرفته شود. اگر حیوانخانه متصل به یک آزمایشگاه است، طراحی آن باید به گونه ای باشد که دسترسی آن به قسمت های عمومی آزمایشگاه محدود بوده و امکان ضد عفونی و گندزدایی آن را فراهم کند.

حیوانخانه‌ها مانند آزمایشگاه‌ها، می‌توانند بر اساس ارزیابی خطر و گروه‌های خطر میکروارگانیسم‌های تحت مطالعه به صورت سطوح ایمنی حیوانخانه‌های ۱، ۲، ۳، و ۴^۲ (ABSLS-1, 2, 3, 4) در نظر گرفته شوند (جدول ۱-۲).

جدول (۱-۲). سطح محدودیت حیوانخانه: خلاصه ای از شیوه‌ها و تجهیزات ایمنی

گروه خطر	سطح محدودیت	روش های آزمایشگاهی و تجهیزات ایمنی
۱	ABSLS ^۳ - 1	دسترسی محدود، استفاده از دستکش و لباس محافظ
۲	ABSLS - 2	بکارگیری شیوه های ABSLS-1 به علاوه: استفاده از علائم هشدار خطر، استفاده از هودهای کلاس یک یا دو برای فعالیت‌هایی که تولید ذرات آئروسول می‌کنند. ضد عفونی کردن مواد زائد و قفس ها قبل از شستشو.
۳	ABSLS - 3	شیوه های ABSLS-2 به علاوه: دسترسی کنترل شده به حیوانخانه. استفاده از هودهای آزمایشگاهی و لباس های محافظ مخصوص برای همه ی فعالیت‌ها.
۴	ABSLS - 4	شیوه‌های ABSLS-3 به علاوه: دسترسی به شدت محدود. تعویض لباس قبل از ورود. استفاده از هودهای کلاس سه. دوش گرفتن به هنگام خروج. ضد عفونی تمام مواد زائد قبل از دفع.

با توجه به میکروارگانیسم‌هایی که در آزمایشگاه حیوانات به کار گرفته می‌شوند، فاکتورهای مورد توجه شامل موارد زیر است:

۱- مسیر عادی انتقال عامل عفونی

^۲ Animal Facility Biosafety Level (ABSL)

^۳ Animal Biosafety Level

۲- حجم و غلظت مورد استفاده

۳- مسیر تلقیح به حیوان

۴- چگونه و از چه مسیری عوامل عفونی ممکن است از بدن حیوان خارج شوند.

با توجه به حیوانات مورد استفاده در آزمایشگاه حیوانات، فاکتورهای مورد توجه عبارتند از:

۱- طبیعت حیوانات مورد مطالعه، به عنوان مثال پرخاشگری و تمایل آنها برای گاز گرفتن و چنگ زدن

۲- انگل‌های داخلی و خارج بدن آنها.

۳- بیماری‌های مشترک بین دام و انسان که بدان حساس هستند.

۴- امکان انتشار آلرژن‌ها توسط حیوانات

همانند آزمایشگاه‌ها، مقررات مربوط به طراحی تجهیزات، ویژگی‌ها و احتیاطات با توجه به سطوح ایمنی زیستی حیوانات به شدت افزایش می‌یابد. این موارد به طور خلاصه در جدول ۴ مشخص شده‌اند. این دستورالعمل‌ها افزایشی بوده، طوری که سطوح ایمنی بالاتر معیارها و استانداردهای سطوح پایین را هم لحاظ می‌کنند.

ایمنی زیستی سطح ۱ حیوانخانه

این سطح از ایمنی برای نگهداری اکثر حیوانات بعد از قرنطینه (به جز پستانداران غیر انسان، که در این موارد با مسئولین فنی مربوطه باید مشورت شود)، و برای حیواناتی که عوامل خطر گروه ۱ تلقیح می‌شوند، مناسب است. در این سطح از ایمنی رعایت اصول GMT^۴ لازم می‌باشد. مدیر حیوانخانه باید سیاست‌ها، شیوه‌ها و پروتکل‌ها را برای همه‌ی کارها و همچنین دسترسی به محوطه‌ی پرورش حیوانات را ایجاد کند. یک برنامه‌ی نظارت پزشکی مناسب برای کارکنان باید برقرار شود. دست‌نوشته ایمنی و چگونگی کارکرد باید آماده و به کار گرفته شود.

ایمنی زیستی سطح ۲ حیوانخانه

این سطح از ایمنی برای کار با حیواناتی که میکروارگانیسم‌های گروه خطر ۲ به آنها تلقیح می‌شود، مناسب است. اقدامات احتیاطی زیر باید اعمال شود.

۱- تمامی نیازمندی‌های ایمنی سطح ۱ حیوانخانه ۱ باید رعایت شوند.

۲- علائم هشدار دهنده‌ی خطر باید بر روی درها و محل‌های مناسب دیگر نصب شوند.

۳- تجهیزات باید به نحوی طراحی شوند که به راحتی قابل جایابی و تمیز کردن باشند.

۴- درها باید به سمت داخل باز شوند و به صورت اتوماتیک بسته شوند.

⁴ Good Microbiological Techniques

- ۵- گرمایش، تهویه و روشنایی باید کافی باشد.
- ۶- اگر از تهویه مکانیکی استفاده می‌شود، جریان هوا باید به سمت داخل باشد. هوای آلوده به سمت بیرون تخلیه می‌شود و نباید به داخل ساختمان ورود مجدد داشته باشد.
- ۷- دسترسی مسئولین فنی باید محدود شده باشد.
- ۸- هیچ حیوان دیگری به غیر از آنهایی که برای آزمایش هستند، نباید اجازه‌ی ورود داشته باشد.
- ۹- باید برنامه‌ی کنترلی برای بندپایان و جوندگان وجود داشته باشد.
- ۱۰- اگر پنجره وجود دارد، باید ایمن باشد و در برابر شکستن مقاوم و اگر قادر به باز شدن باشد، باید محافظی برای جلوگیری از ورود بند پایان نصب شده باشد.
- ۱۱- بعد از استفاده، محل کار باید با مواد ضد عفونی کننده مؤثر، ضد عفونی شود.
- ۱۲- هودهای بیولوژیک کلاس ۱ یا ۲، یا قفس‌های ایزوله دارای فیلتر^۵ HEPA باید برای کارهایی که ممکن است آئروسول تولید کنند، تهیه شوند.
- ۱۳- یک اتوکلاو باید در محل یا مکان مناسب و نزدیک به حیوانخانه موجود باشد.
- ۱۴- مواد بستر حیوانات باید به نحوی پاکسازی و خارج شوند که گرد و غبار و آئروسول را به حداقل برساند.
- ۱۵- تمام مواد زائد و مواد بستر حیوانات باید قبل از دفع، ضد عفونی و آلودگی‌زدایی شوند.
- ۱۶- استفاده از وسایل تیز تا حد امکان باید محدود شود. مواد تیز باید در ظرف‌های مخصوص جمع‌آوری شوند.
- ۱۷- مواد زائد برای اتوکلاو یا سوزاندن باید به صورت ایمن و در ظروف بسته حمل شوند.
- ۱۸- قفس‌های حیوانات باید بعد از استفاده آلودگی‌زدایی شوند.
- ۱۹- لباس‌ها و وسایل محافظ باید در حیوانخانه پوشیده و در هنگام ترک محل لباس‌ها درآورده شوند.
- ۲۰- لاشه‌ی حیوانات باید سوزانده شود.
- ۲۱- تجهیزات مناسب برای شستن دست‌ها باید مهیا باشد. کارکنان باید دست‌های خود را قبل از ترک حیوانخانه بشویند.
- ۲۲- تمامی صدمات حتی جزئی، باید به درستی درمان شده و ثبت و ضبط گردند.

⁵ High Efficiency Particulate Air

۲۳- خوردن، آشامیدن، استعمال دخانیات و استفاده از لوازم بهداشتی و آرایشی باید ممنوع باشد.

۲۴- تمامی پرسنل باید آموزش‌های مناسب را دریافت کنند.

ایمنی زیستی سطح ۳ حیوانخانه

این سطح از ایمنی برای کار با حیواناتی مناسب است که عوامل خطر گروه ۳ به آنها تلقیح می‌شود. تمام سیستم‌ها، شیوه‌ها و روش‌ها باید هر سال بازبینی و تأیید مجدد شوند. اقدامات احتیاطی زیر باید اعمال شود.

۱- تمام نیازمندی‌ها در ایمنی سطح ۱ و ۲ حیوانخانه باید رعایت شوند.

۲- دسترسی به آن باید به شدت کنترل شود.

۳- فضای این قسمت باید از آزمایشگاه و محل نگهداری حیوانات به وسیله‌ی یک اتاق با دو در ورودی به صورت اتاق انتظار جدا شود.

۴- اتاق انتظار باید مجهز به سیستم شستشوی دست باشد.

۵- در اتاق انتظار باید حمام وجود داشته باشد.

۶- باید دستگاه تهویه‌ی هوای مکانیکی وجود داشته باشد تا از عبور و مرور جریان هوا در تمام اتاق‌ها مطمئن شویم. هوای خروجی باید به وسیله‌ی فیلترهای HEPA خارج شوند. سیستم باید طوری طراحی شود که از جریان معکوس هوا و فشار بالا در تمام نقاط حیوانخانه جلوگیری کند.

۷- یک اتوکلاو باید در مکان مناسب حیوانخانه در دسترس باشد. مواد عفونی باید قبل از انتقال به جاهای دیگر حیوانخانه اتوکلاو شوند.

۸- یک زباله سوز باید در محل وجود داشته باشد یا در جای دیگر با نظارت مسئول فنی تعبیه شود.

۹- حیوانات آلوده به میکروارگانیسم‌های گروه خطر ۳ باید در قفس‌های جدا یا اتاق‌هایی با تهویه‌ی هوا قرار داده شوند.

۱۰- محل خواب آنها باید تا حد امکان از گرد و غبار پاکسازی شود.

۱۱- تمام لباس‌های محافظ باید قبل از شستشو، ضدعفونی و پاکسازی گردند.

۱۲- پنجره‌ها باید بسته و درزگیری شده باشند و همچنین در برابر شکستن مقاوم باشند.

۱۳- ایمن‌سازی کارکنان به صورت مناسب باید انجام شود.

ایمنی زیستی سطح ۴ حیوانخانه

کار در این حیوانخانه معمولاً با ایمنی زیستی سطح ۴ همراه خواهد بود و قوانین و مقررات ملی و محلی باید با یکدیگر در این زمینه هماهنگ باشند. موارد زیر باید رعایت شود:

- ۱- تمام نیازمندی‌های ایمنی سطح ۱، ۲، و ۳ باید رعایت شوند.
- ۲- دسترسی باید به شدت کنترل شود: تنها کارکنانی که توسط مدیر مرکز تعیین شده‌اند، باید حق ورود داشته باشند.
- ۳- افراد نباید به تنهایی کار کنند، قانون دو نفره باید اعمال شود.
- ۴- پرسنل باید بالاترین سطح از تمرینات و آموزش‌ها را به عنوان میکروبیولوژیست دیده باشند و با خطرات و اقدامات احتیاطی ضروری که در کارشان موجود است، آشنا باشند.
- ۵- محل نگهداری حیواناتی که عوامل خطر گروه ۴ به آنها تلقیح شده باید محدودیت‌های ایمنی زیستی سطح ۴ در آن اعمال شود.
- ۶- این مکان باید دارای یک اتاق انتظار دارای سیستم کنترل جریان هوا باشد که طرف تمیز آن روبروی فضای محدود شده بوده و دارای امکانات تعویض لباس و استحمام باشد.
- ۷- کارکنان باید به هنگام داخل شدن، لباس‌های بیرون خود را خارج کرده و لباس‌های محافظ مخصوص را بپوشند. بعد از اتمام کار کارکنان باید لباس‌های خود را اتوکلاو کرده و قبل از رفتن، دوش بگیرند.
- ۸- مرکز باید دارای سیستم تهویه هوای مجهز به فیلتر HEPA برای اطمینان از ایجاد فشار منفی باشد.
- ۹- سیستم تهویه باید به گونه‌ای طراحی شده باشد که از گردش هوای معکوس و فشار مثبت جلوگیری کند.
- ۱۰- یک اتوکلاو دو طرفه (دو سره) که سر تمیز آن بیرون از اتاق محدود کننده است باید برای تبادل مواد موجود باشد.
- ۱۱- باید یک مسیر جداگانه و قابل کنترل برای تبادل مواد غیرقابل اتوکلاو وجود داشته باشد.
- ۱۲- تمام فعالیت‌های مرتبط با حیوانات تلقیح شده با عوامل خطر گروه ۴ باید تحت شرایط محدودیت‌های ایمنی زیستی سطح ۴ انجام شود.
- ۱۳- تمامی حیوانات باید در ایزولاتورها^۶ نگهداری شوند.
- ۱۴- تمام محل‌های خواب حیوانات و مواد زائدشان باید قبل از خروج از مرکز، اتوکلاو شوند.
- ۱۵- باید نظارت‌های پزشکی روی کارکنان وجود داشته باشد.

⁶ Isolators

بی‌مهرگان

همانند مهره‌داران، سطوح ایمنی زیستی برای کل حیوانخانه بوسیله‌ی گروه‌های خطر عوامل عفونی تحت مطالعه یا ابزار ارزیابی خطر مشخص خواهند شد. اقدامات احتیاطی زیر برای بندپایان خاص بویژه حشرات بال دار ضروری هستند.

۱- اتاق‌های جداگانه باید برای بی‌مهرگان آلوده و غیر آلوده تهیه شوند.

۲- اتاق‌ها باید قابلیت درزگیری هنگام بخور داشته باشند.

۳- اسپری‌های حشره‌کش باید در دسترس باشند.

۴- امکانات سرمایشی باید برای کم کردن فعالیت‌های بی‌مهرگان تهیه شوند.

۵- دسترسی باید از طریق یک اتاق انتظار مجهز به تله حشرات و توری‌های ممانعت کننده از ورود بندپایان انجام شود.

۶- تمامی خروجی‌های سیستم‌های تهویه و پنجره‌ها باید مجهز به توری‌های ممانعت کننده از ورود بندپایان شود.

۷- تله‌های زائد روی سینک‌ها یا آبگیرها نباید خشک شوند.

۸- تمام مواد زائد باید اتوکلاو شوند، چرا که بعضی از بی‌مهرگان به وسیله‌ی ضدعفونی کردن از بین نمی‌روند.

۹- باید تعداد بندپایان پرنده، خرنده و پرش کننده‌ها کنترل شوند.

۱۰- ظروف مخصوص کنه‌ها و مایت‌ها باید در سینی روغنی قرار داده شود.

۱۱- حشرات پرواز کننده آلوده شده باید در قفس‌های دارای دو توری مشبک نگه‌داری شوند.

۱۲- بندپایان آلوده شده باید در هودهای بیولوژیک و یا ایزولاتور دستکاری شوند.

۱۳- بندپایان آلوده شده یا به طور بالقوه آلوده ممکن است در سینی‌های خنک کننده دستکاری شوند.

فصل سوم

ایمنی کار با تجهیزات آزمایشگاهی

هودهای زیستی

هودهای زیستی برای حفاظت کارکنان، محیط آزمایشگاه و ابزار کار از آلوده شدن توسط ذرات آبروسل و قطرات ریزی است که هنگام کار با مواد حاوی عوامل پاتوژن مانند محیط های کشت و نمونه های تهیه شده از بیماران ممکنست ایجاد شوند. ذرات آبروسل توسط هر فرآیندی که سبب ورود انرژی به مواد محلول یا نیمه محلول می شود، تولید می گردند. به عنوان مثال شیک کردن، انتقال مایعات از یک ظرف به ظرف دیگر، مخلوط کردن مواد توسط چرخاندن با مگنت و ... همگی می توانند سبب تولید ذرات آبروسل و قطرات ریز شوند. فعالیتهای دیگر آزمایشگاهی نظیر کشت باکتری بر روی محیط های جامد دارای آگار، تلقیح محیط های کشت با پیپت، مخلوط کردن مایعات حاوی عوامل عفونت زا با پیپت، هموژنایز کردن (همگن سازی)، ورتکس کردن، سانتریفوژ و اسپین کردن مایعات آلوده همچنین کار با حیوانات زنده می تواند آبروسل های آلوده کننده ایجاد نماید.

آبروسلهایی با قطر کمتر از ۵ میکرومتر و قطرات ریز مایع با قطر ۱۰۰-۵۰ میکرومتر توسط چشم غیر مسلح قابل رویت نیستند.

کارکنان یک آزمایشگاه معمولاً از وجود چنین ذراتی که می توانند سطوح کار و ابزار آزمایشگاه را آلوده نموده یا مستقیماً توسط کارکنان تنفس شوند، آگاهی ندارند. هودهای زیستی چنانچه درست استفاده شوند، می توانند تا حد زیادی سبب کاهش موارد ابتلا به عفونتهای آزمایشگاهی و انتقال آلودگی به افراد یا محیط کار شوند.

طی سالیان متمادی هودهای زیستی تغییرات تکاملی زیادی یافته اند که یکی از مهمترین این موارد پیدایش فیلترهای HEPA (فیلتر های جذب کننده ذرات هوا با کارایی بالا) بوده است. این فیلترها قادرند % 99.97 ذرات با قطر ۰.۳ میکرومتر و % 99.99 ذرات با قطر بیشتر یا کمتر از این حد را جذب نمایند. این فیلترها با کارایی بالا تمام عوامل عفونی که تا کنون شناسایی شده اند را جذب کرده و تنها هوای سالم و عاری از هر آلودگی را بیرون می دهند.

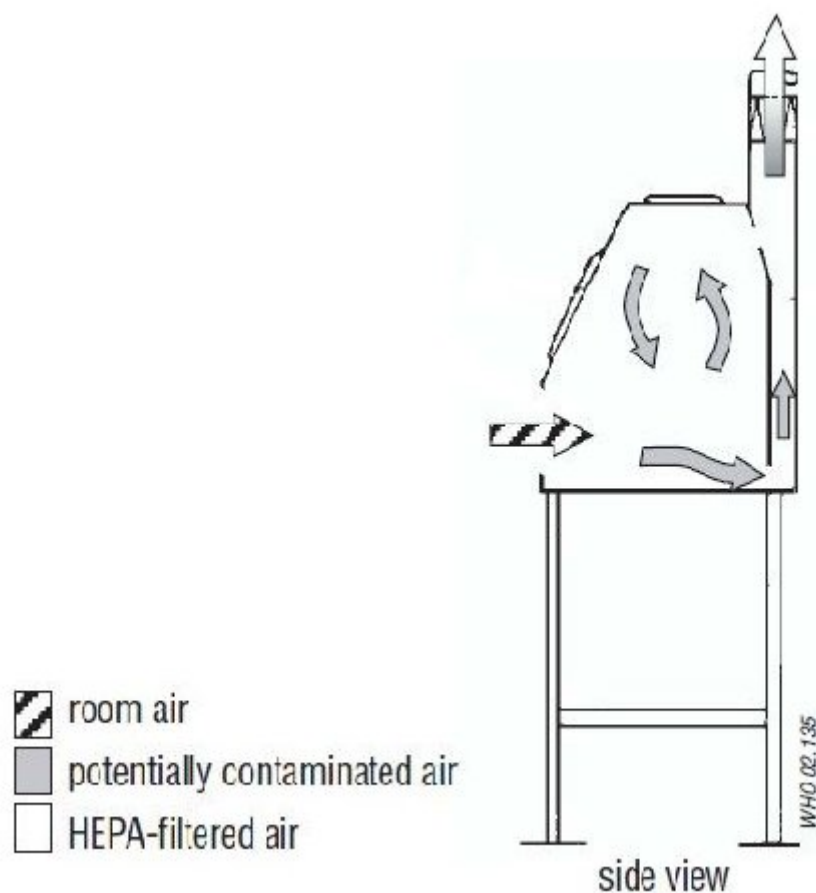
هود ها به سه گروه تقسیم می شوند و هر کدام قادرند سبب حفاظت نسبت به دسته بخصوصی از پاتوژن ها شوند. جدول زیر این دسته بندی را نشان می دهد.

نوع ایمنی مورد نیاز	نوع هود بیولوژیک
حفاظت از پرسنل، میکروارگانیسم های گروه خطر ۱، ۲ و ۳	کلاس I, II, III
حفاظت از پرسنل، میکروارگانیسم های گروه خطر ۴	کلاس III
حفاظت از نمونه هنگام کار	کلاس II, III

هودهای زیستی کلاس I

شکل ۱ یک هود کلاس I را نشان می دهد. هوای اتاق از شکاف جلوی هود وارد شده، از سطح کار رد می شود. در نهایت از قسمت فوقانی خارج می گردد. چنانچه هنگام کار با نمونه، ذرات آبروسل یا قطرات آلاینده ایجاد شوند، جریان هوا آنها را به سمت کانال خروجی برده و مانع آلوده شدن فرد هنگام کار می شود. هر فرد می تواند هنگام کار دستهای خود را تا آرنج وارد فضای کار کند. هوای خارج شده از هود از فیلتر HEPA رد شده و پاک می باشد. از این هودها می

توان هنگام کار با عوامل پاتوژن باکتریایی و مواد شیمیایی سمی با تبخیر پذیری سریع استفاده نمود. اما از آنجا که هوای اتاق به طور مستقیم وارد فضای کار می شود ممکنست نمونه مورد مطالعه آلوده شود. به عبارت دیگر این نوع از هودها تنها سبب حفاظت افراد و فضای کار می شوند.

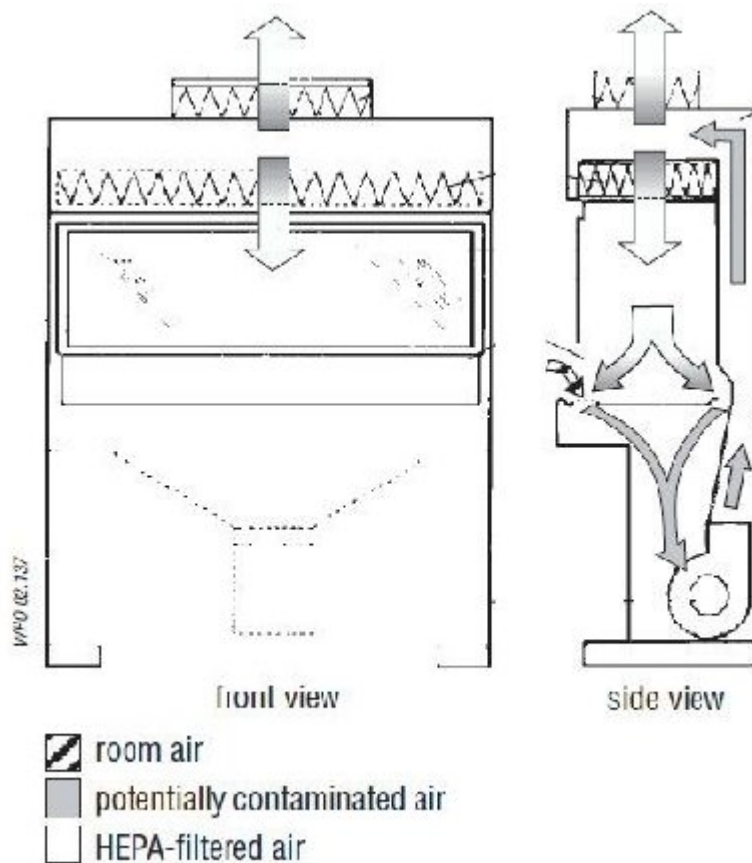


شکل ۱. هود زیستی کلاس I

هودهای زیستی کلاس II

هنگام کار با سلولهای یوکاریوت یا بافتها، ورود هوای آزمایشگاه به درون کابینتهای زیستی به هیچ وجه مناسب نمی باشد زیرا سبب آلوده شدن نمونه با عوامل موجود در محیط می گردد. هودهای کلاس II نه تنها سبب حفاظت کارکنان از آلودگی می شوند، بلکه می توانند فضای کار و نمونه های مورد مطالعه را نیز از آلوده شدن توسط ذرات موجود در هوا حفظ کنند.

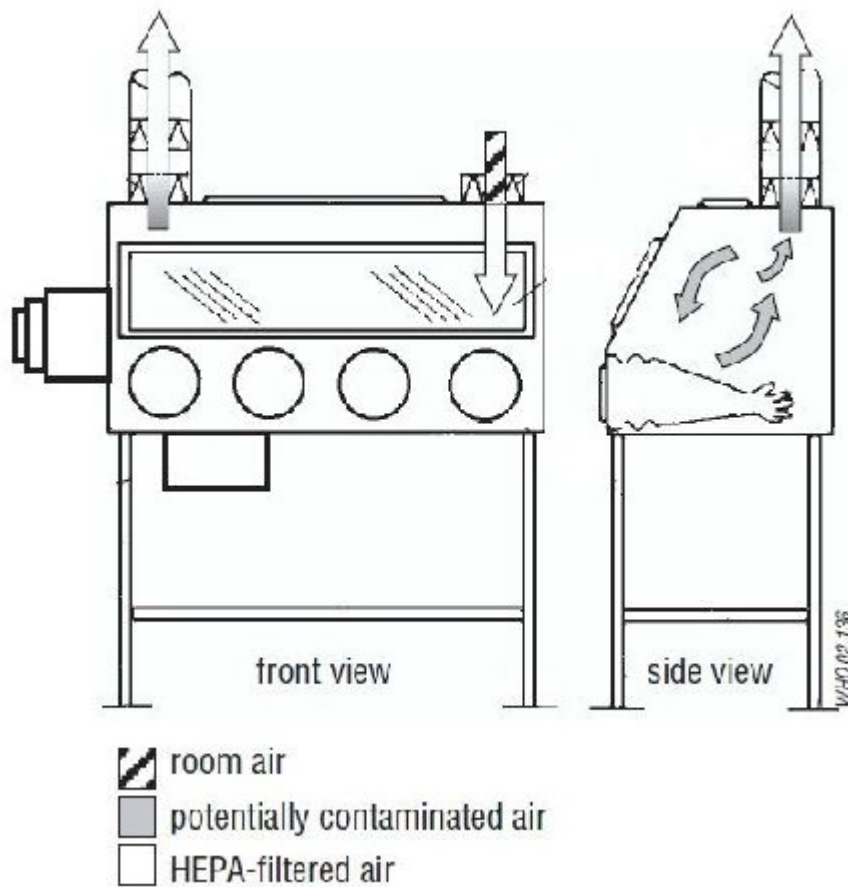
این هودها خود به 4 دسته (A1, A2, B1, B2) تقسیم می شوند و تنها اجازه می دهند هوای استریل (هوایی که از فیلتر HEPA رد شده است) وارد فضای کار شود. از این هودها می توان هنگام کار با پاتوژنهای گروه های خطر 2 و 3 استفاده نمود. شکل 2 نمونه ای از این هودها را نشان می دهد.



شکل ۲. هود زیستی کلاس II

هودهای زیستی کلاس III

شکل 3 یک هود کلاس III را با بیشترین حفاظت از پرسنل نشان می دهد. تمام منافذ این هودها بسته شده است و هیچ تبدالی با هوای محیط به صورت مستقیم انجام نمی شود. هوای ورودی از فیلتر هپا رد شده و هوای خروجی از دو فیلتر عبور می نماید. افراد هنگام کار از طریق دستکش های بسیار ضخیم لاستیکی به فضای داخل هود دسترسی دارند که انتهایشان کاملا بسته است. از این هودها هنگام کار با عوامل بسیار خطرناک نظیر HIV و ویروس هپاتیت استفاده می شود.



شکل ۳. هود زیستی کلاس III

نکات ایمنی جهت کار با هودهای زیستی

- جریان هوای ورودی به داخل هود می تواند در اثر حرکات، رفت و آمدهای افراد نزدیک به هود، باز و بسته شدن درها و پنجره های باز، مختل شده یا با سرعت بیشتری وارد محفظه کاری شود. بنابراین محل قرارگیری هودها در آزمایشگاه باید در محلی با رفت و آمد اندک و دور از جریانهای شدید هوا باشد.
- اطراف و فضای بالای هود باید به اندازه ۳۵-۳۰ سانتی متر خالی باشد تا جریان هوا به آسانی انجام گیرد.
- هنگام کار با هود، دستها باید تا آرنج در داخل محفظه قرار بگیرد.
- باید دستها را به آرامی به داخل محفظه وارد کرده و به آرامی از آن خارج نمود.
- کار با نمونه باید حدود 1 دقیقه بعد از وارد نمودن دستها آغاز شود تا جریان هوای داخل هود به حالت طبیعی برگردد.
- وسایل و مواد کار ز قبل زیر محفظه هود قرار داده شوند تا پس از شروع دستورزی نمونه، حداقل دفعات ورود و خروج به هود انجام گیرد.

- قبل از وارد کردن وسایل به محفظه هود باید سطح آنها را با الکل % 70 ضدعفونی نمود.
- در صورت کار با مایعات آلوده مانند نمونه های خون بهتر است سطح زیر هود با لایه های جاذب استریل پوشانده شود تا در صورت پاشیدن نمونه به اطراف، آلودگی سطوح کاهش یابد.
- بهتر است وسایل، در نقاط دورتر و سمت عقب هود قرار داده شوند تا جریان هوا از شکاف ورودی مختل نشود.
- یک ظرف مخصوص مواد زاید و پسمانهای بیولوژیک باید داخل محفظه قرار بگیرد تا جهت دور ریختن ضایعات ورود و خروج کمتری به داخل هود انجام شود.
- به طور مرتب سطح لامپ UV موجود در هودها با یک دستمال تمیز شود تا غبار و ذرات نشسته بر سطح لامپ مانع تابش مناسب اشعه نشود.
- شدت تابش UV باید به طور مرتب کنترل شود.
- در صورت روشن بودن هود نباید از شعله روشن استفاده کرد زیرا علاوه بر ایجاد اختلال در جریان هوا ممکنست سبب تولید گازهای خطرناک در حضور برخی مواد شیمیایی شود.
- در صورت ریختن مواد آلوده بر سطح هود، بایستی بلافاصله سطح را با یک ضد عفونی کننده مناسب تمیز نمود و سپس وسایل یا لایه های جاذب آلوده شده را اتوکلاو کرد.
- پس از اتمام کار، تمام وسایل و محیط های کشت از محفظه هود خارج شوند. هود محل نگهداری وسایل و مواد بیولوژیک نمی باشد.
- قبل و بعد از استفاده از هود، سطح کار با الکل % 70 تمیز شود.
- در پایان یک روز کاری باید تمام سطوح هود همچین پشت و جلوی شیشه را با الکل % 70 یا مایع سفید کننده رقیق شده % 10 ضد عفونی کرد. چنانچه برای پاکسازی نهایی از مایع سفید کننده استفاده می شود، باید سطوح را با یک دستمال جاذب کاملاً خشک نمود.
- لازمست 5 دقیقه بعد از اتمام کار، هود را روشن بگذارید.
- در صورت آلوده شدن فیلتر، باید آنرا تعویض نمود اما قبل از آن عملیات ضدعفونی کردن توسط پرسنل مجرب با استفاده از فرمالدهید انجام گیرد.
- هنگام کار با هود روپوش آزمایشگاهی پوشیده شود. در صورت نیاز باید از دستکش نیز استفاده گردد.

هود لامینار

این نوع هودها که به طور معمول جهت کشت سلولهای یوکاریوت استفاده می شوند، به هیچ عنوان کارکنان یا فضای آزمایشگاه را حفاظت نمی کنند. در این نوع هودها جریان پاکیزه ای از هوا به صورت افقی و گاه عمودی از داخل به خارج می وزد و سبب حفاظت قابل توجه نمونه از آلوده شدن می گردد. هنگام کار با این هودها بهتر است به نکات زیر توجه شود:

- از کار کردن با مواد شیمیایی یا زیستی خطرناک خودداری شود.
- آبروسل ها و ذرات تولید شده توسط یک نمونه آلوده، مستقیماً به فرد یا محیط آزمایشگاه منتقل می گردند.
- ذرات آلرژن و آبروسل های عفونت زا ایجاد شده توسط کشت های سلولی ممکنست سبب آلودگی افراد شوند.

پیپت

از پیپت برای برداشتن مایعات استفاده می‌گردد. باید توجه کرد که در هیچ حالتی نباید با دهان مایعات را کشید زیرا ممکنست سبب ورود مایعات آلوده و مواد خطرناک به دهان فرد شود. علاوه بر خطر ورود مستقیم مایعات، ذرات آيروسل تولید شده نیز در این حالت تنفس می‌گردند. قرار دادن پنبه یا اجسام جاذب دیگر در نوک پیپت ها خطر ورود آلودگی به دهان را کاهش نمی‌دهد. بنابراین لازمست برای جابه‌جا نمودن مایعات از پیپت های مکانیکی استفاده شود. جهت برداشتن حجم اندک از مایعات از پیپت های دقیق (میکرو پیپت) استفاده نمایید.

نکات ایمنی هنگام کار با استفاده از پیپت و پیپت کننده

- ۱- همواره از پیپت کننده استفاده شود، پیپت کردن به وسیله دهان باید ممنوع شود.
- ۲- کلیه پیپت‌ها بایستی دارای سرپوش پنبه‌ای باشند تا از آلودگی ابزار پیپت کردن مانند پوآر جلوگیری شود.
- ۳- هرگز نبایستی هوا به درون مایعی که حاوی ذرات آلوده است دمیده شود.
- ۴- مواد آلوده را نبایستی به وسیله عمل متناوب مکیدن و خروج از طریق یک پیپت، مخلوط نمود.
- ۵- مایعات نبایستی به شدت و با فشار از پیپت‌ها خارج شوند.
- ۶- پیپت‌های Mark-to-Mark نسبت به انواع دیگر ترجیح داده می‌شوند چون که آنها به خروج آخرین قطره نیازی ندارند.
- ۷- پیپت‌های آلوده بایستی کاملاً در یک ماده ضدعفونی کننده و در یک ظرف غیرقابل شکستن قرار گیرند و قبل از استفاده مجدد به مدت مناسب در این مایع ضدعفونی کننده قرار داده شده باشند.
- ۸- یک ظرف برای پیپت‌های مصرف شده بایستی در داخل هود بیولوژیک گذاشته شود نه در خارج آن.
- ۹- از سرنگ با سر سوزن نباید برای پیپت کردن استفاده نمود.
- ۱۰- بایستی وسایلی برای باز کردن بطری‌های درپوش‌دار، در دسترس باشد. که بتوان برای دستیابی به محتویات این بطری‌ها همواره از پیپت استفاده نمود و از به‌کار بردن سرنگ و سرسوزن اجتناب نمود.
- ۱۱- برای اجتناب از پخش مواد آلوده‌ای که از پیپت می‌چکد بایستی یک ماده جاذب بر روی سطح کار قرار داده شود، این ماده جاذب بایستی همانند ضایعات آلوده بعد از مصرف دور انداخته شوند.

سانتریفیوژ

- ۱- بررسی وضعیت بخش مکانیکی سانتریفیوژ، لازمه اولیه ایمنی روش‌های میکروبیولوژیکی در هنگام استفاده از سانتریفیوژهای آزمایشگاهی است.
- ۲- سانتریفیوژ بایستی بر طبق دستورالعمل‌های کارخانه سازنده، عمل نمایند.

- ۳- سانتریفیوژ بایستی در سطحی گذاشته شود که کاربران بتوانند درون کاسه و روتور را ببینند تا باکت‌ها و ترونیون‌ها (Trunnions) را به صورت صحیحی جای دهند.
- ۴- لوله‌های سانتریفیوژ و ظروف نمونه برای استفاده در سانتریفیوژ بایستی از شیشه ضخیم ساخته شده یا ترجیحاً پلاستیکی باشند و جهت عیب‌یابی قبل از مصرف بازرسی گردد.
- ۵- برای عمل سانتریفیوژ کردن لوله‌ها و ظروف نمونه، بایستی همیشه به صورت محکم و مطمئن سرپوش داشته باشند (در صورت امکان سرپوش پیچی).
- ۶- تمام مراحل پر کردن، بالانس کردن، بستن و بازکردن باکت‌ها بایستی درون هود بیولوژیک انجام گیرد.
- ۷- باکت‌ها و ترونیون‌ها بایستی وزنی معادل داشته باشند و به‌طور صحیحی بالانس شوند.
- ۸- مقدار فضای خالی باکت (مابین سطح مایع و لبه لوله سانتریفیوژ) بایستی طبق دستورالعمل‌های کارخانه سازنده در نظر گرفته شود.
- ۹- از آب مقطر یا الکل (پروپانول ۷۰٪) برای بالانس کردن باکت‌های خالی بایستی استفاده شود. سالین (محلول نمکی) یا ترکیبات هیپوکلرایت نبایستی استفاده شوند چون که آنها باعث زنگ زدگی و پوسیدگی فلزات می‌شوند.
- ۱۰- برای میکروارگانیسم‌های در گروه‌های ریسک ۳ و ۴ باید باکت‌های سانتریفیوژ کاملاً بسته (ظروف ایمن) مورد استفاده قرار گیرند.
- ۱۱- وقتی که روتورهای سانتریفیوژ با سر زاویه‌دار استفاده می‌شود، باید دقت داشته باشید تا مطمئن شوید که لوله زیادی پر نشده باشد زیرا ممکن است نشت کند.
- ۱۲- درون کاسه سانتریفیوژ بایستی روزانه از نظر وضعیت خردگی و ترک‌های مویی بازرسی شوند و در صورت مشاهده این آثار بایستی پروتکل‌های سانتریفیوژ دوباره ارزیابی شوند.
- ۱۳- روتورها و باکت‌های سانتریفیوژ بایستی روزانه از نظر وضعیت خردگی و ترک‌های مویی بازرسی شوند.
- ۱۴- باکت‌ها، روتورها و کاسه‌های سانتریفیوژ بایستی بعد از هر بار استفاده آلودگی زدایی شوند.
- ۱۵- بعد از استفاده، باکت‌ها بایستی در یک وضعیت واژگون بمانند، تا مایع استفاده شده برای بالانس کردن آنها کاملاً خارج شود.
- ۱۶- در حین انجام کار سانتریفیوژ، ممکن است ذرات عفونی به فضای بیرون پرتاب شوند. اگر سانتریفیوژ در کلاس I یا کلاس II هود بیولوژیک قرار داشته باشند (جلوباز) امکان جلوگیری از پرتاب ذرات (آئروسول‌ها) به بیرون وجود ندارد. اما اگر سانتریفیوژها در هود بیولوژیک کلاس III باشند از متفرق شدن ذرات به طور گسترده‌ای جلوگیری می‌شود، به هر حال، استفاده از سانتریفیوژ مناسب و لوله‌های درپوش‌دار محکم و مطمئن باعث حفاظت کافی در برابر گسترش آئروسول‌های و ذرات عفونی معلق می‌شود.

هموزن‌نایز، شیکر و سونیکاتور

هموزن‌نایزر

از این وسیله برای خرد کردن و همگن کردن نمونه های زیستی مانند بافتها و نیز لیز کردن سلولها استفاده می شود. این دستگاهها از روشهای مختلفی جهت خرد کردن و بریدن نمونه استفاده می نمایند تا در پایان کار مخلوطی از ذرات با اندازه تقریباً مشابه و یکدست حاصل شود. باید توجه نمود که تنها از وسایل مخصوص کار در آزمایشگاه استفاده شود زیرا ابزار مورد استفاده در سایر اماکن مانند وسایل خانگی برای کار با نمونه های زیستی مناسب نیستند. به عنوان مثال مخلوط کن خانگی (هموژنایزر) نمی تواند وسیله مناسبی در آزمایشگاه باشد زیرا به درستی عایق بندی نشده و ذرات ریز و آبروسلهای فراوانی را به اطراف پرتاب می نماید. این در حالیست که وسایل آزمایشگاهی از تولید و انتقال این ذرات به محیط کاملاً جلوگیری کرده یا آنها بسیار محدود می سازند. هنگام استفاده از این وسیله بهتر است:

- آنها در یک محفظه بسته یا هود بیولوژیک قرار داد.
- پس از اتمام کار سطوح محفظه را با دستمال آغشته به مواد ضد عفونی کننده تمیز کرد.
- بهتر است ماده ای که قرار است توسط هموژنایزر خرد شود، درون ظروف شیشه ای قرار نگیرد.
- چنانچه ظرف حاوی ماده، شیشه ای است بهتر است آنها درون ظرف دیگری قرار داد تا در صورت شکسته شدن ظرف مواد پخش نشود.
- این وسیله هنگام کار آبروسل تولید می کند و بهتر است پس از اتمام کار درب محفظه یا هود به مدت یک الی پنج دقیقه بسته بماند تا این ذرات رسوب کنند.

شیکر

از این وسیله برای انجام کارهای مختلفی استفاده می شود و با توجه به نوع فرآیند مورد نظر شکل و طراحی متفاوتی دارد. هم زدن، مخلوط کردن مایعات موجود در فلاسک ها، فالکون ها و لوله های آزمایش را می توان به کمک این دستگاه انجام داد. مهمترین استفاده شیکر، کشت باکتری و انواع دیگر میکروارگانیسم است. هیپریدیزاسیون اسیدهای نوکلئیک، هم زدن مایعات، فرمانتاسیون از دیگر کاربردهای این وسیله است. شیکرها سبب می شوند شرایط موجود در یک نمونه یکنواخت و یکدست بماند.

- این وسیله هنگام کار آبروسل تولید می کند و بهتر است پس از اتمام کار درب محفظه به مدت یک الی پنج دقیقه بسته بماند تا این ذرات رسوب کنند.

- پس از اتمام کار بایست سطوح محفظه و دستگاه را دستمال آغشته به مواد ضد عفونی کننده تمیز کرد.

سونیکاتور

سونیکاتورها ابزاری جهت تولید صوت در فرکانس بالا هستند و سلولها یا اسیدهای نوکلئیک را تخریب می نمایند. سونیکاتورها دو خطر عمده دارند:

الف- آبروسلهای فراوانی تولید می کنند زیرا حجم زیادی از انرژی وارد مایع می شود.

ب- ممکنست صوت ایجاد شده در فرکانس بالا سبب بروز آسیبهای شنوایی شود.

- بنابراین هنگام استفاده از یک سونیکاتور بهتر است:
- آنرا داخل یک محفظه بسته یا هود بیولوژیک قرار داد تا آبروسل های کمتری در محیط پخش شوند.
 - هنگام کار از ماسکهای صورت استفاده شود.
 - چنانچه نوک سونیکاتور به عمق کافی درون مایع فرو رود، مقدار آبروسل ها کاهش می یابد.
 - چنانچه سونیکاتور در یک محفظه مقاوم به صوت قرار ندارد، حتما از گوشیهای محافظ استفاده گردد.
 - در اتاقی که افراد فاقد گوشی محافظ می باشند سونیکاسیون انجام نگیرد.
 - درب اتاق هنگام سونیکاسیون بسته شود.
 - پس از اتمام کار ماسک ها و محفظه اطراف سونیکاتور ضد عفونی گردد.

یخچال و فریزر

- یخچال ها و فریزر ها محل نگهداری طولانی مدت مواد در دماهای پایین هستند و باید به طور مرتب مورد بررسی قرار گیرند. چنانچه قطعات یا محلولهای آلوده این دستگاهها را آلوده نموده و پاک نشوند، فضای آزمایشگاه و افراد در معرض انتقال آلودگی قرار خواهند گرفت. همچنین ممکنست سایر نمونه ها آلوده شوند. لازم به ذکر است که یخچالهای خانگی برای مصرف آزمایشگاهی مناسب نیستند. یخچالهای مخصوص آزمایشگاه دارای طراحی متفاوتی هستند، بدنه آنها در برابر مواد خورنده مقاوم بوده و احتمال آتش گرفتن در آنها به مراتب کاهش داده شده است.
- ۱- یخچالها، فریزرهای خیلی سرد (Deep Freezer) و قفسه‌های دی‌اکسید کربن جامد (یخ خشک) بایستی به فواصل منظم یخ آنها آب شده و تمیز شوند و هر نوع آمپول، لوله، گیره که در آنها نگهداری می‌شده و شکسته‌اند بایستی خارج شود. در هنگام نظافت باید از حفاظ صورت و دستکش‌های لاستیکی محکم استفاده شود. بعد از تمیز کردن، سطوح داخلی کابینت بایستی ضدعفونی شوند.
 - ۲- کلیه ظروفی که در یخچالها و غیره نگهداری می‌شوند بایستی به صورت واضح و روشن با نام علمی و اطلاعات مربوط به محتویات، تاریخ نگهداری و نام کسی که آنها را انبار کرده بر چسب بخورند. مواد برچسب نخورده و مواد غیر قابل استفاده بایستی اتوکلاو شده و دور انداخته شوند.
 - ۳- یک لیست اجناس باید از محتویات فریزرها موجود باشد.
 - ۴- ترکیبات قابل اشتعال نباید در یخچال نگهداری شوند مگر آن که یخچال از نوع ضد انفجار باشد. اختراهای مربوطه بایستی بر روی درب یخچالها قرار داده شوند.

اتوکلاو

- اتوکلاو وسیله ای برای ضدعفونی کردن وسایل و مواد است که در دما و فشار بالا کار می کند. چنانچه اصول ایمنی کار با این وسیله رعایت نگردد، ممکنست خطرآفرین باشد.
- تمام دریچه ها را قبل از روشن کردن اتوکلاو کنترل کنید تا در وضعیت مناسب قرار داشته باشند.

- موادی که بسیار سریع تبخیر شده (اتانول، کلروفرم) و یا قابل اشتعال هستند را نباید اتوکلاو کرد.
- اتوکلاو نمودن مواد خورنده (اسیدها و بازها، فنل)، حلال ها و مواد رادیواکتیو ممنوع است.
- موادی که اتوکلاو می شوند بایست در ظروفی قرار داده شوند که انتقال بخار و حرارت ممکن باشد.
- چنانچه ظرف حاوی ماده، درب دار است درب آن شل بسته شود.
- بین وسایل به قدر کافی فضا وجود داشته باشد تا تبادل بخار به خوبی رخ دهد.
- درب اتوکلاو به کمک پیچ های موجود سفت و محکم شود اما نباید آنها را بیش از حد محکم نمود.
- پس از اتمام اتوکلاو تا زمانیکه فشار بالاست و یا دما بالاتر از 80 درجه سانتیگراد است نباید به هیچ وجه درب اتوکلاو را باز نمود.
- بخار اتوکلاو باید به تدریج و به آرامی خارج شود این امر به خصوص زمانیکه مایعات اتوکلاو شده اند دارای اهمیت است. حرارت بالا سبب جوشیدن مایعات می شود و باز کردن ناگهانی درب یا خارج کردن سریع بخار می تواند سبب سرریز شدن مایعات در حال جوش شود.
- هنگام باز کردن اتوکلاو، حتی زمانیکه دمای آن پایین تر از 80 درجه سانتیگراد است باید از دستکش و عینک مناسب استفاده نمود.
- صحت کار اتوکلاو و قدرت ضدعفونی کردن آن باید به طور مرتب کنترل شود.

نیتروژن مایع

- نیتروژن مایع دارای نقطه جوش منهای ۱۹۶ درجه می باشد و در تماس با پوست می تواند سبب یخ زدگی، سوختگی و حتی زخمهای ناشی از سرما شود. علیرغم ماهیت غیر سمی و خنثی نیتروژن، تنفس بخار آن می تواند سبب کاهش اکسیژن رسانی، سرگیجه، تهوع، استفراغ و در مواجهه شدید سبب مرگ شود. ریختن نیتروژن مایع در یک ظرف گرمتر همچنین فرورودن ظروف و ویال ها در آن سبب جوشیدن و پاشیدن قطرات نیتروژن می شود. برای کاهش پراکنده شدن این قطرات بهتر است در کمال آرامش و بدون شتاب زدگی با این ماده کار شود و سر را تا حد ممکن از آن دور نگهداشت. باید توجه داشت که گازهای متصاعد از این ماده نیز بسیار سرد بوده و می تواند سبب سوختگی شود.
- هنگام کار با نیتروژن مایع سر را تا حد ممکن دور نگهدارید.
- نواحی پوشیده نشده بدن نباید در تماس مستقیم با نیتروژن یا ظروف دارای آن باشد زیرا ممکن است دچار یخ زدگی شده یا به بدنه ظرف بچسبند.
- ظروفی که برای کار در دمای معمول آزمایشگاهی ساخته شده اند، ممکنست در دماهای پایین ترک خورده یا بشکنند.
- ظروفی که برای نگهداری در نیتروژن مایع نیز ساخته می شوند ممکنست در اثر تغییر دمایی شدید دچار ترک خوردگی شده و گاه بشکنند.
- حتما از دستکش مخصوص که غیر قابل نفوذ برای نیتروژن است، استفاده گردد.
- دستکش ها باید قدری بزرگتر انتخاب شوند تا در اثر ریختن نیتروژن درون آنها به راحتی در آورده شوند.
- حتما هنگام کار از عینک و ماسک صورت استفاده شود.

ورتکس - اسپین

- از این وسیله برای مخلوط کردن شدید مایعات یا جمع کردن ذرات و قطرات مایع در ته یک ویال استفاده می شود. هنگام کار با این دستگاه باید بهتر است به نکات زیر توجه شود:
- قبل از شروع کار از محکم بودن محور چرخنده آن اطمینان حاصل شود.
- برای اسپین کردن بهتر است تعادل بین ویال ها وجود داشته باشد. در صورتیکه تعداد نمونه ها کافی نیست از آب مقطر یا الکل برای تراز کردن استفاده نمایید.
- از سالم بودن بدنه ویالها قبل از ورتکس نمودن اطمینان حاصل شود.
- درب ویالها حتما بسته باشد تا نشست مواد به بیرون انجام نگیرد.
- بدنه خارجی ویالها خشک بوده و قطرات ماده بر روی آن وجود نداشته باشد.
- قبل از توقف کامل دستگاه از برداشتن نمونه ها خودداری شود.

صفحه گرم کننده (Hot Plate)

- از صفحه گرم کننده جهت حرارت دادن مایعات تا 100 درجه سانتیگراد یا بیشتر استفاده می شود. هر صفحه گرم کننده جدید که خریداری می شود باید مورد واریسی قرار گیرد تا اطمینان حاصل شود که هنگام گرم کردن یا روشن و خاموش کردن جرقه نمی زند. هنگام کار با این دستگاه بهتر است به نکات ایمنی زیر توجه شود:
- از تنظیم این دستگاه بر روی دماهای بیشتر از 100 درجه سانتیگراد خودداری شود، هرچند که رسیدن به دماهای بالاتر ممکن باشد.
- از ذخیره سازی و نگهداری مواد تبخیر شونده و قابل اشتعال در نزدیکی این وسیله خودداری شود.
- پس از اتمام کار و خاموش نمودن دستگاه تا زمانیکه دمای آن پایین نیامده است، علامت یا یادداشت خطر در کنار دستگاه قرار داده شود تا سایرین دچار سوختگی نشوند.
- از پایین آوردن دمای دستگاه به صورت ناگهانی با ریختن آب سرد یا قرار دادن یخ بر روی آن جداً خودداری شود.
- از حرارت دادن حجم زیاد مایعات در ظروف درب دار خودداری شود. افزایش فشار درون ظرف سبب باز شدن خود به خودی درب ظرف و سر ریز شدن مایع می شود. در چنین حالتی باید یا حجم مایع را کاهش داده یا از حرارت دادن زیاد آن خودداری نمود.

مایکروویو

- از دستگاه مایکروویو جهت حرارت دادن و گرم کردن اجسام و مواد در زمان کوتاه استفاده می شود. این دستگاه با استفاده از انرژی امواج رادیویی کوتاه سبب گرم شدن اجسام می شود. استفاده از این دستگاه می تواند خطرات زیادی به همراه داشته باشد بنابراین بهتر است قبل از کار با این وسیله دستورالعمل آن مطالعه شود.
- هیچگاه دستگاه را در حالیکه خالیست نباید روشن نمود زیرا امواج مایکروویو می تواند سبب آسیب به

دیواره های داخلی دستگاه شود.

- به طور مرتب نوارهای لاستیکی دور درب از نظر سالم بودن و تمیزی مورد واریسی قرار بگیرد.
- به هیچ وجه نباید از دستگاهی که درب یا نوارهای لاستیکی دور آن آسیب دیده استفاده نمود. چنین دستگاهی سبب پراکنش امواج خطرناک رادیویی در محیط می شوند.
- هیچگاه و به هیچ وجه با فشار دادن ضامن درب، نباید دستگاه را با درب باز روشن نمود.
- هنگام روشن بودن دستگاه بهتر است از نزدیک شدن زیاد به آن خودداری نموده و فاصله ایمنی با آن رعایت شود.
- چنانچه ماده درون دستگاه شروع به جرقه زدن نموده و شعله ور شود، باید به سرعت دستگاه را خاموش نموده و کابل آن را از برق کشید. بهتر است درب آن نیز برای مدتی بسته نگهداشته شود.
- نباید ظروف با درب کاملاً بسته و بدون منفذ درون دستگاه قرار داده شوند. همچنین اگر جسم یا ماده مورد نظر درون کیسه های نایلونی قرار دارد، باید منافذی برای خروج بخار در آن تعبیه شود.
- ظروف فلزی و وسایل دارای اجزا فلزی و حتی فویل های آلومینیوم را نباید درون دستگاه قرار داد زیرا سبب جرقه زدن و آسیب به دستگاه می شود.
- نباید در زمانهای طولانی به مایعات یا سایر مواد حرارت داد. این کار سبب سوختگی مواد و گاه پرتاب شدن قطرات و ذرات آن به اطراف می شود.
- برای خروج وسایل باید از دستکش استفاده نمود.
- چنانچه پس از خروج ظرف، مایع درون آن در حال جوشش باشد بهتر است قبل از برداشتن درب ظرف چند دقیقه صبر نمود تا مایع از جوشش افتاده و به تعادل برسد.

کپسول های گاز

کپسول های گاز با توجه به نوع محتوای آن می تواند سمی، اشتعال پذیر، خورنده، اکسید کننده، خنثی و گاهی دارای چند نوع خطر همزمان باشد. علاوه بر خطرات شیمیایی، حجم زیاد گاز فشرده شده در کپسول دارای فشار بسیار بالایی است و این قابلیت را دارد که مانند یک موشک عمل کرده و پرتاب شود. بنابراین جا به جا نمودن و نگهداری این کپسول ها باید در نهایت دقت انجام شود.

خطرات

- **خفگی**: این عارضه ممکنست در اثر آزاد شدن گازهای خنثی ایجاد شود. گازهای خنثی، بی رنگ و بی بو هستند و نشت آنها به محیط قابل تشخیص نیست. افزایش حجم این گازها در فضای آزمایشگاه می تواند سبب کاهش میزان اکسیژن شود. بنابراین چنانچه در آزمایشگاهی با فضای بسته از کپسولهای گاز نگهداری می شود بهتر است از تجهیزات سنجش میزان اکسیژن استفاده شود.

- **آتش سوزی و انفجار**: این عارضه در مورد گازهای اشتعال پذیر و اکسید کننده مانند اکسیژن رخ می دهد. گازهای اشتعال پذیر ممکنست در اثر تجمع الکتریسیته ساکن و یا حرارت دیدن (در اثر نزدیکی به یک شعله یا دستگاه گرم کننده (جرقه زده و شعله ور شوند. اکسیژن و سایر گازهای اکسید کننده خودشان نمی سوزند اما باعث اشتعال مواد

آلی می شوند. تجمع گازهای اکسید کننده، سوختن مواد دیگر را تسهیل می کند. به عبارت دیگر موادی که در شرایط طبیعی اشتعال پذیر نیستند در فضای دارای غلظت های بالای اکسیژن ممکنست شروع به سوختن نمایند.

- **سوختگی:** گازهای خورنده می توانند سبب از بین رفتن بسیاری از مواد حتی پارچه های مقاوم به آتش شوند. برخی از گازها در حالت خالص خود خورنده نیستند ولی در اثر ترکیب با اندکی رطوبت بسیار خطرناک می شوند. گازهای خورنده اثرات بسیار شدیدی بر روی پوست، چشم و مخاط بدن می گذارند.

- **سمیت:** این عارضه در مورد گازهای سمی دیده می شود. مسمومیت های بسیار شدید حتی در غلظت های کم این گازها دیده می شود. ممکنست این اثرات با تاخیر دیده شوند. جهت پیشگیری از خطرات فراوان کپسولهای دارای گاز بهتر است به نکات ایمنی زیر توجه شود:

- از افتادن کپسولها بر روی یکدیگر و روی زمین به شدت اجتناب نمایید.
- جهت حمل و نقل کپسولها از کشیدن آنها بر روی زمین، هل دادن و غلطان آنها صرف نظر کرده و از وسایل مخصوص جا به جا کردن کپسول که دارای کمر بند ایمنی هستند، استفاده شود.
- هر کپسول دارای کلاهکی است که از دریچه خروج گاز در برابر آسیب های وارده محافظت می کند. بنابراین تا زمانیکه کپسول در جایگاه امن و مناسب خود قرار نگرفته و به دیوار یا یک میز زنجیر نشده است، از برداشتن کلاهک خودداری شود.

- هر کپسول باید به صورت جداگانه و در حالت ایستاده به یک سطح محکم و ثابت، زنجیر شود.
- قبل از استفاده از یک کپسول حتما یک دستگاه تنظیم کننده فشار گاز (رگولاتور) بر روی دریچه نصب شود.
- دریچه در مواقعی که استفاده نمی شود، باید کاملاً بسته بماند.
- چنانچه به صورت طولانی مدت از کپسولی استفاده نمی شود، باید کلاهک را مجدداً روی آن قرار داد.
- حتماً با برچسب زدن روی هر کپسول، گاز درون مشخص شود.
- به طور مرتب با استفاده از کف و صابون نشت گاز از دریچه کپسول کنترل گردد.
- لوله های انتقال گاز باید مرتب وارسی شوند تا از سالم بودن آنها اطمینان حاصل شود.
- کپسولهایی که برای مدت زمان بیشتر از 36 ماه ذخیره شده اند، نباید مورد استفاده قرار گیرند.
- کپسول ها نباید در نزدیکی آسانسورها، دستگاههای تهویه هوا و هر منفذی که سبب پخش شدن گاز به سایر مناطق ساختمان می شود، قرار داده شوند.

- دریچه خروج گاز باید همیشه به آرامی باز شود و از باز کردن ناگهانی آن پرهیز شود.
- کپسول ها در فضاهایی با تهویه مناسب و دمای متعادل قرار داده شوند. همچنین از بالا رفتن دمای این اتاقها باید جلوگیری نمود.

- کپسول ها نباید در فضاهای خیس و پر رطوبت قرار گیرند.
- شعله و وسایل گرم کننده از اطراف کپسول دور نگهداشته شوند.
- کپسول دارای گاز اکسیژن و سایر گازهای اکسید کننده با فاصله مناسب از کپسول های گازهای خورنده قرار گیرد.

میکروتوم

میکروتوم وسیله ای برای تهیه برشهای بسیار نازک از یک نمونه زیستی است. این دستگاه دارای تیغه ای از جنس شیشه، استیل و گاه الماس می باشد و برشهایی که ایجاد می کند به حدی نازک است که می تواند نور را از خود عبور دهند. کار با این وسیله نیازمند دقت بسیار است زیرا تیغه تیز آن می تواند سبب آسیب های جدی در ناحیه دست و انگشت ها شود.

- تیغه ها با احتیاط بسیار تعویض یا جا به جا شوند.
- در صورت افتادن یک تیغه بر روی زمین ممکنست کفشها بریده شده و پاها آسیب ببینند. بنابراین هنگام جا به جا کردن تیغه و قرار دادن آن در دستگاه مراقب باشید که پاها کمی دورتر قرار بگیرند.
- هیچگاه یک تیغه بدون محافظ در فضای آزمایشگاه رها نشود.
- هنگام شروع کار ابتدا نمونه و سپس تیغه را جاسازی کرده و هیچگاه این ترتیب را جا به جا نکنید.
- هرگاه که میکروتوم را حتی برای چند لحظه رها می کنید از قرار گرفتن محافظ بر روی تیغه مطمئن شوید.
- چنانچه نمونه زیستی آلوده به پرئون است، طی مراحل آماده سازی آلودگی از بین نخواهد رفت بنابراین هنگام کار لازمست دستکش پوشیده و سایر اقدامات ایمنی نیز رعایت شوند.
- هنگامیکه از دکمه نگهدارنده (brake) استفاده می کنید مطمئن شوید کاملا محکم شده است. اکثر اتفاقات زمانی رخ می دهد که تیغه محکم نشده و بر روی دست فرد می افتد.

فصل چهارم

وسایل حفاظت شخصی

پوشش مناسب پرسنل هنگام کار می تواند به عنوان یک مانع عمل کرده و تا حد زیادی خطر مواجهه افراد با آبروسلها، قطرات پرتاب شونده و عوامل آسیب رسان که ناگهان و اتفاقی آزاد می شوند را کاهش دهند. نوع پوشش هنگام کار با توجه به نوع فرآیند در دست انجام، نوع نمونه و خطرات آن تعیین می شود. لازم به ذکر است که پوششهای حفاظتی باید تنها در فضای آزمایشگاه استفاده شوند. به عبارت دیگر قبل خروج از فضای کار لازمست پوششها را در آورده و دستها کاملا شسته شوند.

روپوشها و پیش بندهای آزمایشگاهی

روپوشها باید در جلو دارای یک ردیف کامل دکمه باشند و حتما هنگام کار دکمه ها بسته شوند. آستینها حتما بلند انتخاب شوند. روپوشهای جلو بسته پوشش بهتری هستند. چنانچه با نمونه های خطرناکی مانند خون یا کشتهای آلوده به پاتوژنهای خطرناک و یا مواد شیمیایی خاصی کار می کنید، بهتر است علاوه بر روپوش از پیش بندهای آزمایشگاهی نیز استفاده نمایید. روپوشها باید به طور مرتب شسته و ضدعفونی شوند و به هیچ وجه در فضاهای غیر آزمایشگاهی استفاده نگردند.

عینک های ایمنی و ماسکهای صورت

با توجه به نوع کار باید از چشمها و صورت در برابر قطرات ریز پرتاب شونده و اجسام تیز و برنده حفاظت شود. بهتر است از عینکهای استفاده شود که علاوه بر پوشش چشم از جلو، با داشتن دیواره های جانبی کل فضای چشم را محافظت می نماید. با این حال عینک ها برای حفاظت در برابر حجم زیاد مایعات آلاینده مناسب نیستند و در صورت نیاز باید علاوه بر عینک ایمنی از ماسکهای صورت نیز استفاده نمود. لازمست قبل از خروج از آزمایشگاه عینک و ماسک حفاظتی کنار گذاشته شوند.

ماسکهای تنفسی

مجارای تنفسی همواره در خطر آلوده شدن با مایعات و گازهای خطرناک هستند به عنوان مثال عملیات پاکسازی مایعات آلوده ای که در فضای آزمایشگاه را ریخته شده است با خطر آلودگی تنفسی زیادی همراه است. برخی ماسکها تنفسی دارای فیلترهای قابل تعویض هستند که فرد را در برابر گازها، بخارها، ذرات ریز و میکروارگانیسم ها حفاظت می کند. هنگام کار باید ماسک را به درستی بر روی صورت نصب کرد تا هوا از کنارهای ماسک وارد مجاری تنفسی نشود. ماسکهای پارچه ای قادر به حفاظت سیستم تنفسی نیستند. قبل از خروج از آزمایشگاه باید ماسکهای تنفسی را در آورده و از انتقال آنها به سایر فضاها جلوگیری نمود.

دستکش

آلودگی دستها در فرآیندهای آزمایشگاهی بسیار شایع است. همچنین دستها در مواجهه با خطر بریده شدن با اجسام تیز و برنده قرار دارند. دستکشهای لاتکس، وینیل و نیتریل (دستکش های جراحی) به وفور در انواع کارها مانند جا به جا نمودن مایعات آلوده به پاتوژن، خون و سایر مایعات بدن استفاده می شوند. بعد از اتمام کار با نمونه های آلوده و قبل از ترک آزمایشگاه باید دستکشها را خارج کرده و دست ها به دقت با مواد شوینده شسته شوند. دستکش های مصرف شده همراه با زباله های بیولوژیک آلوده دور انداخته می شوند تا مورد پاکسازی قرار گیرند. موارد متعددی از بیماریهای پوستی، درماتیت و حساسیتهای شدید در کارکنانی که از دستکشهای لاتکس به خصوص لاتکس های دارای پودر استفاده می کنند، دیده شده است. بنابراین بهتر است انواع دیگری از دستکش مورد استفاده قرار گیرد. برخی دستکش ها دارای شبکه ای از استیل ضد زنگ می باشند که هنگام کار با وسایل تیز و برنده مانند میکروتوم ها پوشیده می شوند. به هیچ عنوان با دستکشهای آلوده و استفاده شده نباید فضای آزمایشگاه را ترک نمود.

فصل پنجم

مقررات ایمنی کار در با نمونه‌های میکروبی

اشتباهات فردی، روشهای نامناسب آزمایشگاهی و استفاده نادرست از وسایل عامل اصلی اکثر مشکلات و عفونتهایی است که هنگام کار به پرسنل سرایت می کنند. جمع آوری، جا به جایی و کار نامناسب با نمونه ها خطرات فراوانی برای پرسنل به همراه داشته و آنها را در خطر ابتلا به عوامل عفونی قرار می دهد. در مبحث حاضر در مورد روشهایی صحبت می گردد که سبب کاهش یا حذف مشکلات کار در آزمایشگاههای میکروبیولوژی می شود.

ظروف نگهداری نمونه ها

نمونه ها باید در ظروف شیشه ای یا پلاستیکی مناسبی که دارای جداره های کاملاً سالمی است، قرار داده شوند تا مایعات به بیرون نشت نکنند. درب این ظروف باید به طور کامل بسته شود. هیچ مایع یا قطره ای از آن نباید سطح خارجی ظرف را آلوده کند. مشخصات نمونه و فردی که با آن کار می کند بر روی ظروف برچسب گذاری شود. چنانچه نمونه دارای یک برگه اطلاعاتی است نباید آنرا مستقیماً به جداره ظرف چسباند. برگه های حاوی اطلاعات بایستی در پوششهای مقاوم به آب قرار گرفته و جداگانه نگهداری شوند.

جا به جا نمودن نمونه ها

برای جلوگیری از ریختن یا برخورد تصادفی بهتر است ظرف حاوی نمونه درون یک ظرف یا محفظه دوم مانند جعبه قرار بگیرد. ظرف اول را درون محفظه دوم به نحوی تثبیت می کنند که صاف قرار گرفته و در اثر کج شدن واژگون نشود. محفظه دوم بهتر است پلاستیکی یا فلزی بوده و قابل اتوکلاو و مقاوم در برابر ترکیبهای شیمیایی باشد.

کار با نمونه های میکروبیولوژیک

- هنگام استفاده از لولههای کشت باکتری، لوپ باید قطری معادل ۲ تا ۳ میلی متر داشته و حلقه آن کاملاً بسته باشد تا پس از برداشتن نمونه و قبل از کشت دادن آن، قطرات ریزی از آن بر روی سطح نچکد.
- هنگام خشک کردن نمونه ها بر روی لام دقت کافی انجام شود تا حداقل میزان آبروسل ها تشکیل شود.
- نمونه ها یا محیط های کشت حاوی باکتری قبل از دور ریختن در ظرف حاوی محلول ساولن 10% برای مدت زمان مناسب ریخته شوند یا قبل از خروج از آزمایشگاه اتوکلاو گردند.
- پس از پایان کار با نمونه های میکروبی سطوح کار را با یک ماده ضد عفونی کننده مانند سفید کننده یا ساولن کاملاً تمیز شوند.
- هرگاه احتمال ریختن قطراتی به روی سطح میز وجود داشته باشد، سطوح با لایه هایی از کاغذ جاذب پوشانده شود.
- تیپها و پیپت های آلوده به باکتری قبل از دور انداختن باید به طور کامل در یک ماده ضد عفونی کننده مانند ساولن 10% غوطه ور شده، سپس اتوکلاو شوند.

اجتناب از بلع یا آلوده شدن پوست و چشم با نمونه های میکروبی

- قطرات و ذرات با قطر بزرگتر از 5 میکرومتر ممکنست در حین کار با نمونه های میکروبی به اطراف پرتاب شوند. این قطرات به سرعت بر روی سطوح کار یا سطح بدن فرد می نشینند. بنابراین لازمست هنگام کار از روپوش و دستکش استفاده شود.

- دستکش ها باید روی مچ آستین روپوش قرار بگیرند نه زیر آن.
- هنگام کار از تماس دستها به دهان، چشم و صورت اجتناب نمایید.
- مواد غذایی و نوشیدنی به هیچ عنوان نباید در فضای آزمایشگاه مصرف شوند.
- فضای آزمایشگاه جای مناسبی برای نگهداری ظروف غذاخوری و مواد غذایی نمی باشد.
- کارکنان باید از استفاده از هر گونه مواد آرایشی خودداری نمایند.
- چنانچه احتمال پرتاب ذرات به اطراف وجود داشته باشد، حتما از عینک و ماسک صورت استفاده کنید.

جلوگیری از تزریق شدن مواد آلوده به بدن

- ممکنست به طور اتفاقی مقداری از نمونه میکروبی از طریق زخمهای پوستی یا بریده شدن پوست با اجسام برنده و وسایل شیشه ای وارد بدن شوند. بنابراین بهتر است ابزار شیشه ای به تدریج با ابزار مشابه پلاستیکی جایگزین گردند.

- سوزن ها، سرنگها، تیغ، پیپت پاستور و ظروف شیشه ای شکسته شده می توانند سبب انتقال آلودگی گردند، بنابراین هنگام کار با آنها باید حوصله و دقت کافی به خرج داد.

- بهتر است تا حد امکان مصرف سوزنها و سرنگ را کاهش داد و تنها در مواقع ضروری از آنها استفاده نمود.

- تمام اجسام تیز و برنده باید در محفظه های مخصوصی که برای آنها طراحی شده دور ریخته شوند. این محفظه ها بسیار مقاوم هستند و به راحتی شکسته نمی شوند.

باز کردن آمپولهای حاوی نمونه های لیوفلیزه

زمانی که آمپولهای مواد یخزده خشک (لیوفیلیزه) باز می شوند، بایستی مواظب بود چون ممکن است محتویات تحت فشار منقبض شده باشند و ورود ناگهانی هوا بعضی از مواد را در اتمسفر متفرق و پخش نماید. همیشه بایستی آمپولها در یک هود بیولوژیک باز شوند. روشهای ذیل جهت باز کردن آمپولها توصیه می شوند:

- ۱- اول، سطح خارجی آمپولها را ضد عفونی کنید.
- ۲- در صورت وجود سرپوش پنبه ای یک برش بر روی لوله نزدیک به آن ایجاد نمایید.
- ۳- به منظور حفاظت از بریده شدن دست آمپولها را قبل از شکستن در پنبه آغشته با الکل نگاه دارید.
- ۴- سرپوش را به آرامی بردارید و همچون یک ماده آلوده با آن رفتار کنید.
- ۵- اگر سرپوش پنبه ای هنوز بالای محتویات آمپول قرار گرفته، آنرا با پنس استریل بردارید.

۶- هنگام حل کردن، مایع را به آرامی به آمپول اضافه نمایید تا از کف کردن اجتناب شود.

نگهداری آمپول‌های ممتوی مواد عفونی

آمپول‌های محتوی مواد عفونی را هرگز نباید در مایع نیتروژن فرو برده زیرا ممکن است آمپول‌های ترک خورده و کاملاً بسته نشده، شکسته یا منفجر شوند. اگر دمای خیلی پایین مورد نیاز باشند، آمپول‌ها بایستی فقط در فاز گازی بالای مایع نیتروژن نگهداری شوند. در غیر این صورت، مواد عفونی بایستی در کابینت‌های مکانیکی، فریزرهای خیلی سرد یا روی یخ خشک نگهداری شوند. کارکنان آزمایشگاهی بایستی هنگام جابجا نمودن آمپول‌ها از محافظ‌های چشمی و دستی استفاده نمایند. سطوح خارجی آمپول‌ها نگهداری شده در چنین فضاهایی بایستی پس از خارج شدن ضدعفونی شوند.

فصل ششم

مقررات ایمنی کار با انواع نمونه‌ها و DNA نو ترکیب

استفاده امن نمونه‌ها در آزمایشگاه

جمع‌آوری، استفاده و نقل و انتقال نامناسب و غلط نمونه‌ها در آزمایشگاه دلیل خطر انتقال عفونت به کارکنان درگیر این کار می‌باشد.

ظروف نمونه

ظروف نمونه ممکن است از جنس شیشه و یا ترجیحاً پلاستیک بوده و تحت هر شرایطی بایستی محکم باشند و در صورت استفاده صحیح از درپوش بایستی چکه کنند. هیچ ماده‌ای نبایستی روی سطح خارجی ظروف باقی بماند. ظروف بایستی به طور صحیح بر چسب داشته تا شناسایی و تعیین هویت را آسان کنند. درخواست نمونه یا فرم‌های مشخصات بایستی دور ظروف حاوی نمونه پیچیده شود بلکه بایستی در پاکت‌های جداگانه و ترجیحاً ضد آب گذارده شوند.

نقل و انتقال نمونه‌ها در داخل مؤسسات

برای اجتناب از نشست یا ریختن، از ظروف ثانویه‌ای همچون جعبه با رک‌های مناسب باید استفاده شود به گونه‌ای که ظروف نمونه به صورت عمودی در آن قرار گیرند، ظروف ثانویه می‌تواند از جنس فلز یا پلاستیک باشند. این ظروف بایستی قابل اتوکلاو شدن و مقاوم به مواد ضد عفونی کننده شیمیایی باشند. سرپوش بایستی ترجیحاً دارای یک واشر باشد. این جعبه‌ها بایستی به‌طور منظم ضد عفونی شوند.

دریافت نمونه‌ها

آزمایشگاه‌هایی که مقدار زیادی نمونه دریافت می‌کنند بایستی یک اتاق و یا محوطه ویژه‌ای را برای این منظور اختصاص دهند.

بازکردن بسته‌ها

کارکنانی که نمونه‌ها را دریافت و باز می‌کنند بایستی از خطرات بالقوه‌ای که سلامتی را تهدید می‌کند آگاه باشند، و بایستی با آموزش‌های لازم برای پیش‌گیری‌های استاندارد آشنا شوند، به ویژه زمانی که با ظروف شکسته و یا سوراخ شده سر و کار داشته باشند. ظروف اصلی نمونه بایستی در یک هود بیولوژیک باز شوند. مواد ضد عفونی کننده بایستی در دسترس باشند.

مایعات بدن شامل خون، سرم، سایر مایعات، انواع بافتها، مدفوع و ادرار افراد می‌توانند منبعی برای انواع عفونتهای شناخته شده و ناشناخته باشند.

- تمام عملیاتی که بر روی این نمونه انجام می‌گیرد باید با پوشش مناسب به خصوص دستکش، عینک و گاه ماسک صورت همراه باشد.

- بهتر است علاوه بر روپوش از پیش بند نیز استفاده گردد.

- لوله‌های حاوی نمونه باید در محفظه‌های دیگری که عایق هستند، قرار گیرند.

- مشخصات نمونه و علائم هشدار دهنده باید بر روی محفظه نصب شود.
- بهتر است باز کردن و کار با این نمونه ها زیر هودهای بیولوژیک و تنها توسط افراد مجرب انجام گیرد.
- باید توجه کرد که تثبیت (فیکساسیون) و رنگامیزی نمونه های خون، خلط و مدفوع باعث کشته شدن تمام ارگانیسمها و ویروسهای آنها نمی شود. بنابراین هنگام استفاده، نگهداری و جا به جا نمودن آنها رعایت اقدامات ایمنی لازم است.
- بهتر است کار با این نمونه ها همیشه در قسمت مشخصی از فضای یک آزمایشگاه یا زیر هود معینی انجام شود.
- قبل از شروع کار، سطح کار با لایه ای از پلاستیک و سپس لایه ای از کاغذ جاذب پوشانده شود.
- در صورت آلوده شدن سطح کار با نمونه ها، باید از محلول هیپوکلریت و یا سایر مواد ضد عفونی کننده قوی برای ضد عفونی کردن استفاده نمود. محلول هیپوکلریت (حاوی 5 گرم کلرین در هر لیتر آب) تازه تهیه شده برای نمونه های خونی بسیار مناسب است.
- نمونه های آلوده و ظروف آلوده باید اتوکلاو شوند.
- افراد در ارتباط با این نمونه ها باید واکسینه شده و پیش از شروع کار آموزشهای لازم را دیده باشند.

جداکردن سرم

- فقط کارکنان آموزش دیده بایستی برای این کار گمارده شوند.
- دستکش و محافظ برای چشم و سایر سطوح مخاطی بایستی استفاده شود.
- با کاربرد مناسب روش های آزمایشگاهی می توان از پخش ترشحات و آئروسول ها اجتناب نمود یا به حداقل رساند، خون و سرم بایستی با دقت پی پت شوند، نه اینکه ریخته شوند، پی پت کردن به وسیله دهان باید ممنوع شود.
- بعد از استفاده، پی پت ها بایستی کاملاً در یک ماده ضد عفونی کننده مناسب غوطه ور شوند و در ماده ضد عفونی کننده برای مدت مقتضی باقی بمانند و قبل از مصرف مجدد شسته و یا استریلیزه شوند.
- بایستی لوله های نمونه حاوی لخته های خون و غیره دور ریختنی با سرپوش بسته شده و در ظروف ضد نشت مناسب برای اتوکلاو شدن و یا سوزاندن گذارده شوند. برای پاک کردن سرریزها و ترشحات، مواد ضد عفونی کننده مناسب بایستی در دسترس باشند.

جمع آوری برچسب زنی و نقل و انتقال نمونه ها

- ۱- احتیاطات استاندارد بایستی همیشه رعایت شوند: در کلیه روش ها و فرآیندها بایستی دستکش پوشیده شود.
- ۲- خون بایستی توسط کارکنان آموزش دیده از بیماران و حیوانات جمع آوری شود.

- ۳- برای خون‌گیری به‌جای سرنگ و سوزن معمولی بایستی از دستگاه‌های وکیوم دار امن استفاده شود که اجازه می‌دهد خون به‌طور مستقیم درون ظروف درپوش‌دار و یا لوله‌های کشت جمع‌آوری شود و به‌طور اتوماتیک سوزن را بعد از مصرف غیر فعال می‌کند.
- ۴- لوله‌ها بایستی در ظرف مناسب‌گذارده شوند و به آزمایشگاه انتقال داده شوند و برای جابه‌جایی در داخل بخش‌های آزمایشگاه فرم‌های درخواست بایستی در کیسه‌ها یا پاکت‌های ضد آب جداگانه گذاشته شوند.
- ۵- کارکنان پذیرش بایستی این کیسه‌ها را باز نکنند.

باز کردن لوله‌های نمونه و مندراجات نمونه‌برداری

- ۱- لوله‌های حاوی نمونه بایستی در هود بیولوژیک باز شود.
- ۲- باید دستکش پوشیده شود. حفاظت از چشم و غشای مخاطی نیز توصیه می‌شود. (عینک محافظ یا پوشش صورت).
- ۳- لباس محافظ بایستی همراه با یک پیش‌بند پلاستیکی پوشیده شود.
- ۴- سرپوش بایستی از طریق تکه‌ای کاغذ یا گاز محکم گرفته شود تا از پاشیده شدن محتویات جلوگیری شود.

فیلم‌ها و لام‌ها برای مشاهدات میکروسکوپی

فیکس کردن و رنگ‌آمیزی کردن نمونه‌های خون، خلط و مدفوع برای مشاهده زیر میکروسکوپ الزاماً موجب کشته شدن میکروارگانیسم‌ها یا ویروس‌ها روی لام‌ها نمی‌شود. بنابراین آنها بایستی با پنس جابه‌جا شوند، و قبل از دور انداختن به‌طور مناسب ضدعفونی و اتوکلاو شوند

بافت‌ها

- ۱- بایستی از فرمالین به‌عنوان تثبیت کننده بافت استفاده نمود.
- ۲- از برش بافت منجمد شده بایستی اجتناب شود. در صورت لزوم دستگاه برش منجمد بایستی دارای حفاظ ایمنی بوده و کاربر از حفاظ صورت استفاده نماید. برای ضد عفونی کردن، دمای وسایل بایستی حداقل به ۲۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یابد.

مقررات ایمنی کار با نمونه های حاوی پریون

پریون‌ها (تحت عنوان «ویروس‌های آهسته» هم نامیده می‌شوند) شامل آنسفالوپاتی اسفنجی قابل انتقال (TSE)، بیماری جاکوب-کرتوفلد (CJD) و نوع جدید آن: سندرم (GSS) Gertmann Strausler-Scheinker، بیماری بیخوابی مهلک ارثی (Insomnia) و (Kuru) در انسان، اسکرابی (Scrapie) در گوسفند و بزها، آنسفالوپاتی اسفنجی در گاو و گوساله (BSE) و دیگر آنسفالوپاتی اسفنجی قابل انتقال در گوزن‌ها، جغد و مینک هستند. اگر چه CJD به انسان‌ها منتقل شده است، اما به نظر می‌رسد شواهد ثابت شده‌ای مبنی بر انتقال این عوامل عفونی از طریق کار در آزمایشگاه گزارش نشده است. از این جهت، مهم است احتیاطات لازم در هنگام کار با مواد آلوده یا بالقوه آلوده انسانی و حیوانی رعایت شود. انتخاب درجه ایمنی برای کار با مواد مربوط به TSEها بستگی به طبیعت عامل بیماری و نمونه‌هایی که مطالعه می‌شوند دارد و بایستی طبق دستورالعمل‌های ملی انجام شود. بالاترین غلظت پریون‌ها در بافت سیستم عصبی مرکزی پیدا می‌شوند. مطالعات بر روی حیوانات نشان داده که احتمال دارد مقادیر زیاد پریون‌ها در طحال، تیموس، غدد لنفاوی و ریه نیز یافت شود. مطالعات اخیر نشان می‌دهد که پریون‌ها در بافت ماهیچه‌های زبانی و اسکلتی هم ممکن است به‌عنوان یک خطر عفونی بالقوه وجود داشته باشد.

از آنجایی که دستیابی به روشی برای غیر فعال کردن کامل پریون‌ها مشکل است استفاده از وسایل یک‌بار مصرف در هر کجا که ممکن است، اهمیت داشته و بایستی بر آن تاکید شود، و از پوشش‌های حفاظتی یک‌بار مصرف برای سطح کار هود بیولوژیک استفاده شود.

احتیاطات اصلی باید به‌منظور اجتناب از خوردن مواد آلوده یا زخم شدن پوست کارکنان آزمایشگاهی، در نظر گرفته شود. چون عوامل بیماری به‌وسیله فرآیند معمولی ضد عفونی آزمایشگاهی و استریلیزه کردن کشته نمی‌شوند، احتیاطات اضافی ذیل بایستی در نظر گرفته شوند:

- ۱- استفاده از وسایل اختصاصی شدیداً توصیه می‌گردد، یعنی نبایستی وسایل با سایر آزمایشگاه‌ها مشترک باشند.
- ۲- لباس‌های محافظت کننده آزمایشگاهی یک‌بار مصرف (روپوش‌ها و پیش‌بندها) و دستکش باید پوشیده شوند (دستکش‌های با شبکه فولادی بین دستکش لاستیکی برای پاتولوژیست‌ها).
- ۳- استفاده از ابزار پلاستیکی یک‌بار مصرف، که بتوان آن‌را پس از استفاده به‌صورت زباله خشک دور انداخت، شدیداً توصیه می‌شود.
- ۴- پراسسورهای بافتی با توجه به مشکلات ضد عفونی نبایستی استفاده شوند بلکه از شیشه‌های آزمایشگاهی (پلاستیک) به جای آن باید استفاده شود.
- ۵- کلیه این کارها باید در هود بیولوژیک انجام شوند.
- ۶- دقت زیاد بایستی به کار گرفته شود تا از تولید ذرات معلق، بلع و آسیب‌های جلدی اجتناب شود.
- ۷- بافت‌های تثبیت شده با فرمالین بایستی هنوز به‌عنوان عامل عفونی در نظر گرفته شوند. حتی بعد از اینکه به مدت طولانی در معرض فرمالین قرار گرفته باشند.

- ۸- نمونه‌های هیستولوژیکال محتوی پرپون‌ها به صورت اصولی، بعد از قرار گرفتن در معرض اسید فرمیک ۹۶ درصد به مدت یک‌ساعت غیر فعال شوند.
- ۹- زباله‌های محل کار، شامل دستکش‌های یکبار مصرف، روپوش‌ها و پیش‌بندها، بایستی با استفاده از بخار استریلیزه کننده قابل نفوذ در حرارت ۱۳۷-۱۳۴ درجه سانتی‌گراد به مدت یک‌دور ۱۸ دقیقه‌ای یا ۶ دور متوالی ۳ دقیقه‌ای اتوکلاو شوند و متعاقب آن سوزانده شوند.
- ۱۰- وسایل غیریک‌بار مصرف از قبیل دستکش‌های دارای شبکه فولادی، باید ضدعفونی شوند.
- ۱۱- مایعات عفونی آلوده شده با پرپون‌ها بایستی با هیپوکلریت سدیم محتوی کلرین با غلظت نهایی ۲۰ گرم در لیتر (۲ درصد) به مدت یک‌ساعت آمیخته شود.
- ۱۲- پروسه بخار دهی پارافرمالدهید باعث کم‌شدن تیترا پرپون نمی‌شود. پرپون‌ها در مقابل اشعه ماورای بنفش مقاوم هستند. به هر حال، باید کابینت‌ها توسط متدهای استاندارد (از قبیل گاز فرمالدهید) ضدعفونی شوند تا سایر عوامل بیماری‌زا را که ممکن است حضور داشته باشند غیر فعال کند.
- ۱۳- هود بیولوژیک آلوده به پرپون و سایر سطوح آلوده را می‌توان با هیپوکلریت سدیم محتوی کلرین ۲۰ گرم در لیتر (۲ درصد) به مدت یک‌ساعت ضد عفونی نمود.
- ۱۴- فیلترهای هوای با کارایی بالا (HEPA) بایستی در درجه حرارت حداقل ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد سوزانده شوند و سپس دور انداخته شوند. توصیه شده پیش از عمل سوزاندن موارد زیر رعایت شود:
- الف) اسپری کردن طرف مصرف شده فیلتر با فیکساتور مو، قبل از جابه‌جایی.
- ب) «در کیسه گذاشتن» فیلترها در حین جابه‌جایی.
- پ) انتقال فیلتر HEPA از محفظه به گونه‌ای که بخش‌های غیر قابل دسترس آن آلوده نشود.
- ۱۵- وسایل بایستی قبل از عمل اتوکلاو نمودن در هیپوکلریت سدیم محتوی کلرین ۲۰ گرم در لیتر (۲ درصد) برای یک ساعت قرار گیرند و سپس خوب با آب شسته شوند.
- ۱۶- وسایلی که نمی‌توانند اتوکلاو بشوند می‌توانند به وسیله خیس خوردن مکرر با هیپوکلریت سدیم محتوی کلرین ۲۰ گرم در لیتر (۲ درصد) به مدت بیش از یک‌ساعت تمیز شوند. شستشوی مناسب جهت از بین بردن هیپوکلریت سدیم باقی مانده مورد نیاز می‌باشد.

مقررات ایمنی کار با DNA نوترکیب

تکنولوژی DNA نوترکیب شامل تلفیق ماده ژنتیکی از منابع مختلف و ایجاد یک ارگانیسم تغییر یافته ژنتیکی (GMO) است که تا کنون در طبیعت وجود نداشته است. همواره نگرانی‌هایی در مورد خصوصیات نامطلوب و غیر قابل پیش بینی چنین ارگانیسم‌هایی به خصوص در صورت آزاد شدن ناگهانی آنها در طبیعت وجود دارد. از تکنولوژی DNA نوترکیب برای کلون نمودن ژن‌ها درون میزبانهای بیان پروتئین، مهندسی متابولیک، تولید گیاهان و جانوران ترانسژنیک و جانداران Knouck-out استفاده می‌شود. ماهیت ارگانیسم دستورزی شونده، ماهیت قطعه ژنی منتقل شده، خصوصیات و شرایط نگهداری و کار با ارگانیسم جدید بسیار مهم می‌باشد. دستورزی ژنتیکی ممکنست

خصوصیات جدید و ناشناخته ای را به ارگانسیم میزبان بدهد. بنابراین رعایت اصول ایمنی در تمام مراحل دستوری ژنتیکی ضروری است تا اثرات منفی این مطالعات به حداقل برسد.

✓ کار با سیستم های بیانی جهت تولید پروتئین نو ترکیب

سیستم های بیانی شامل یک ارگانسیم میزبان و یک وکتور یا ناقل است. ژنهای مورد نظر در ناقل کلون شده و وارد میزبان می شود. *E. coli* یکی از معمول ترین باکتریهائی است که به عنوان میزبان بیانی استفاده می شود. این باکتری غیر پاتوژن بوده و نمی تواند برای انسانها و حیوانات سالم بیماریزا باشد. بعد از انجام دستوری های مهندسی ژنتیک، لازمست اصول ایمنی رعایت شود.

- چنانچه ژن ورودی از یک باکتری یا ارگانسیم دیگر پاتوژن، جداسازی شده باشد، ممکنست باعث افزایش حالت مهاجمی و بیماریزایی در باکتری میزبان شود.

- چنانچه اطلاعات دقیق و درستی از قطعه DNA ورودی وجود نداشته باشد باید در نهایت دقت و احتیاط با آن کار کرد. به عنوان مثال زمانیکه کتابخانه ژنتیکی از ژنوم یک ارگانسیم پاتوژن ساخته می شود.

- چنانچه محصول ژن ورودی سمی است و یا اثرات دارویی و درمانی دارد باید احتیاطهای بیشتری در نظر گرفته شود.

✓ کار با وکتورهای ویروسی جهت انتقال ژن

وکتورهای ویروسی مانند آدنوویروس ها، لنتی ویروس ها و... برای انتقال ژن به سلول ها بسیار به کار گرفته می شوند. چنین ویروسهائی فاقد برخی ژنهای دخیل در تکثیر و همانندسازی می باشند و در سلولهایی که این نقص را جبران می کنند، قابل تکثیر هستند. چنین ویروس هایی ممکنست در اثر نو ترکیبی با سایر ویروس ها یا سلولهای میزبان توانایی از دست رفته خود را بازیابند. بنابراین لازمست همواره تمام اصول ایمنی کار با ویروسهائی کامل رعایت شود.

جانوران ترانسژن و Knock-out

جانورانی که حاوی یک ژن خارجی هستند (ترانسژن) باید کاملاً محافظت شوند. با توجه به نوع ژن ورودی و محصول آن اقدامات ایمنی متفاوت خواهد بود. حیواناتی که یک ژن در آنها حذف شده است (Knock-out) از نظر ایمنی، خطرناک محسوب نمی شوند.

به عنوان مثال جانوران ترانسژنی تولید شده اند که رسپتور ویروسهائی را که به طور طبیعی قادر به آلوده سازی آن گونه نبودند، بیان می کنند. چنانچه چنین جانورانی از آزمایشگاه فرار کنند و ژن خارجی خود را به حیوانات وحشی منتقل کنند، ممکنست جمعیت جدیدی از حیوانات وحشی میزبان آن ویروس به وجود بیایند. مثال دیگر از جانوران ترانسژن تولید موشهائی است که رسپتور ویروس پولیو انسانی را بیان می کنند. این موشها برای انجام مطالعات بافت شناسی و پاتولوژیک بیماری فلج اطفال انسانی تولید شدند. اما موشهای مدل برخلاف انسان در اثر ورود ویروس از راه دهان به این بیماری مبتلا نمی شوند. به نظر نمی رسد فرار چنین موشهائی از آزمایشگاه سبب ایجاد مخزن جدیدی از ویروس پولیو شود.

بنابراین با توجه به مثالهای فوق باید ذکر کرد که تصمیم گیری در مورد هر رده از جانوران ترانسژن تازه تولید شده نیازمند مطالعات مستقل جهت ارزیابی خطرات احتمالی آنست. راههای ایجاد عفونت در حیوان ترانسژن، میزانی از عامل

پاتوژن که برای آلوده سازی حیوان لازمست و میزانی از ویروس که توسط حیوان ترانسژن ممکنست به محیط و سایر حیوانات منتقل شود، باید مورد بررسی دقیق و اختصاصی قرار بگیرد.

گیاهان ترانسژن

گیاهان ترانسژنی که ژن مقاومت به علف کش یا مقاومت به حشرات را بیان می کنند، نگرانی های بسیاری را به دنبال آورده اند. میزان ایمنی غذاهای تهیه شده از این گیاهان، تبعات اکولوژیک این گیاهان در دراز مدت، خطر انتقال این ژنها به حشرات و سایر گونه های گیاهی از طریق پراکنده شدن دانه های گرده و ... از جمله مباحث نگران کننده تولید این گیاهان است. همچنین گیاهان ترانسژنی تولید شده اند که ژنهایی با منشا انسانی یا حیوانی را بیان کرده و محصول آنها در صنایع غذایی و پزشکی دارای اهمیت فراوانی است. ریسک تولید و تکثیر چنین گیاهانی با توجه به نوع ژن انتقال یافته باید به صورت جداگانه برای هر گیاه مورد سنجش قرار بگیرد.

سنجش خطر ارگانسیم های تغییر یافته ژنتیکی

بستگی به خصوصیات ارگانسیم دهنده ژن و ارگانسیم میزبان دارد. در زیر مثالهایی ذکر GMO ریسک هر ارگانسیم شده است:

۱- خطراتی که مستقیماً از ژن ورودی (ارگانسیم دهنده) ایجاد می شود.

گاه ژن ورودی محصولی تولید می کند که از نظر بیولوژیک یا دارویی فعال است و ممکنست سبب آسیب شود. به عنوان مثال می توان به ژن مولد سموم، سیتوکین ها، هورمون ها، تنظیم کننده های بیان ژن، فاکتورهای ویروالانس و تهاجم، انکوژن ها، ژن های مقاومت به آنتی بیوتیک، و آلرژن ها اشاره کرد. باید توجه کرد که میزان بیان ژن ورودی در فعالیت بیولوژیک یا دارویی آن دخیل است.

۲- خطراتی که از ارگانسیم گیرنده (میزبان) ایجاد می شود.

- ✓ میزان آسیب پذیری میزبان
- ✓ میزان بیماریزایی گونه میزبان شامل ویروالانس، عفونت زایی و تولید سموم
- ✓ میزان تغییر ایجاد شده در میزبان
- ✓ وضعیت سیستم ایمنی میزبان
- ✓ تبعات مواجهه با GMO ایجاد شده

۳- خطراتی که از تغییر صفات بیماریزایی میزبان حاصل می شود.

گاهی محصول یک ژن به تنهایی آسیب رسان نیست ولی اثرات منفی آن زمانی ایجاد می شود که خصوصیات بیماریزایی میزبان را تغییر می دهند. به عبارت دیگر ممکنست ورود یک ژن طبیعی سبب افزایش بیماریزایی میزبان گردد. برای سنجش چنین خطراتی باید به نکات زیر توجه نمود:

- ✓ آیا تغییری در عفونت زایی و ایجاد بیماری توسط میزبان به وجود آمده است؟
- ✓ آیا ممکنست ورود ژن جدید سبب بازگشت یک موتاسیون ناتوان کننده (جهش معکوس) شده باشد؟
- ✓ آیا ژن ورودی کدکننده یک فاکتور بیماریزایی در ارگانسیم دهنده بوده است؟

✓ اگر ژن ورودی مسوول بیماریزایی در ارگانیسم دهنده بوده، آیا همچنان می تواند در میزبان سبب بیماریزایی شود؟

آیا ابتلا به این عفونت، درمانی هم دارد؟

✓ آیا حساسیت ارگانیسم میزبان نسبت به آنتی بیوتیک ها تغییر کرده است؟

✓ آیا راهی برای نابودی و ریشه کنی ارگانیسم تغییر یافته وجود دارد؟

فصل هفتم

اقدامات فوریتی، ضد عفونی کردن و استریلیزاسیون

برنامه حوادث احتمالی و روش‌های اضطراری

هر آزمایشگاهی که با میکروارگانسیم‌های عفونی کار می‌کند بایستی احتیاط‌های ایمنی مناسب را در مورد کنترل خطرات احتمالی مربوط به ارگانسیم‌ها و حیوانات وضع نماید.

تهیه یک طرح بررسی رویدادهای غیر مترقبه در آزمایشگاه و بخش حیوانات و محل هاییکه با میکروارگانسیم‌های گروه ریسک ۳ یا ۴ سرو کار دارند (آزمایشگاه‌های رده ایمنی زیستی درجه ۳ و درجه ۴) ضروری است. مسئولین سلامت کشور و مسئولین محلی بایستی در توسعه طرح تدارک و آمادگی برای مقابله با حالت اضطراری دخالت داشته باشند.

برنامه حوادث احتمالی در آزمایشگاه

این طرح بایستی ارائه کننده روش‌های عملی برای موارد زیر باشد:

- ۱- احتیاط‌های مقابله با بلایای طبیعی، مثل آتش‌سوزی، سیل، زلزله و انفجار
- ۲- ارزیابی میزان خطر مخاطرات زیستی
- ۳- کنترل و ضدعفونی کردن موارد آلودگی‌های اتفاقی.
- ۴- تخلیه اضطراری مردم و حیوانات از منطقه حادثه دیده.
- ۵- مداوای فوری اشخاص مجروح و حادثه دیده.
- ۶- عملیات پزشکی سرپایی اشخاص حادثه دیده.
- ۷- تمهیدات کلینیکی برای اشخاص حادثه دیده.
- ۸- بررسی‌های همه‌گیر شناسی (اپیدمیولوژیکی)
- ۹- ادامه عملیات بعد از حادثه.

هنگام تهیه این طرح موارد ذیل بایستی در نظر گرفته شوند:

- ۱- شناسایی ارگانسیم‌های خطر آفرین.
- ۲- تعیین محل مناطق ریسک‌بالا، مثل آزمایشگاه‌ها، انبارها، بخش حیوانات.
- ۳- تشخیص و شناسایی اشخاص و جوامع در خطر.
- ۴- شناسایی اشخاص مسئول و وظایف آنها، مثل ماموران ایمنی زیستی، مسئولین سلامت محلی، کلینیک‌ها، میکروبیولوژیست‌ها، دامپزشکان، اپیدمیولوژیست‌ها و سرویس‌های آتش‌نشانی و پلیس.
- ۵- لیست‌هایی از امکانات قرنطینه و درمان که بتواند افراد حادثه دیده و یا آلوده شده را بپذیرد.
- ۶- نقل و انتقال اشخاص حادثه دیده و یا آلوده شده.
- ۷- لیست منابع ایمونوگلوبولین‌ها، واکسن، دارو، تجهیزات ویژه و وسایل اولیه.

۸- تدارک تجهیزات ضروری، مثل لباس‌های محافظتی، ضد عفونی کننده‌ها، کیت‌های بیولوژیکی و شیمیایی، تجهیزات و لوازم ضروری برای مبرا کردن آلودگی‌ها. روش‌های اضطراری برای آزمایشگاه‌های میکروبیولوژی

زخم‌ها، بریدگی‌ها و خراش‌ها

شخص حادثه دیده بایستی لباس محافظتی را در آورده، دست‌ها را بشوید و منطقه یا مناطق آلوده شده را تمیز نماید، ضد عفونی کننده مناسب پوست را به کار گیرد، و در صورت لزوم به دنبال مراقبت‌های ضروری باشد. علت زخم و ارگان‌سیستم‌هایی که احتمال آلودگی توسط آن وجود دارد بایستی گزارش شود. گزارشات پزشکی به صورت کامل و مقتضی ثبت و نگهداری شوند.

بلع مواد عفونی

لباس حفاظتی را بایستی درآورده و مراقبت‌های پزشکی انجام شود. شناسایی مواد بلع شده و شرایط حادثه بایستی گزارش شود. گزارشات پزشکی به صورت کامل و مقتضی ثبت و نگهداری شوند.

رهایی ذرات بالقوه عفونی به خارج از هود بیولوژیک

کلیه افراد بایستی فوراً محل حادثه را ترک کنند و هر شخص حادثه دیده بایستی برای معاینات پزشکی مراجعه نماید. به سوپروایزر آزمایشگاه و مامور ایمنی زیستی بایستی فوراً اطلاع داده شود. هیچ کس نبایستی تا مدت مقتضی (مثلاً یک ساعت) وارد اتاق شود. تا فرصت باشد که ذرات معلق خارج شده و ذرات سنگین‌تر ته‌نشین شوند. اگر آزمایشگاه دارای سیستم هواکش مرکزی نباشد، ورود افراد بایستی به تاخیر بیافتد (مثلاً برای ۲۴ ساعت).

علامت‌های مناسب باید نصب شوند که نشان دهد ورود ممنوع است. بعد از زمان مقتضی، ضد عفونی زیر نظر مامور حفاظت زیستی انجام شود. لباس حفاظتی مناسب و محافظ تنفسی بایستی پوشیده شود.

شکستن ظروف و ریختن مواد عفونی

ظروف شکسته آلوده به مواد عفونی و مواد عفونی ریخته شده بایستی با حوله کاغذی یا پارچه‌ای پوشیده شوند. سپس بایستی ماده ضد عفونی کننده روی آنها ریخته شود و به مدت زمان کافی باقی بماند. حوله کاغذی یا پارچه‌ای و اجسام شکسته سپس خارج شوند، قطعات شکسته شیشه‌ای بایستی با پنس گرفته شوند. منطقه آلوده شده بایستی سپس

با ماده ضدعفونی کننده پاک شود. اگر برای تمیز کردن اجسام شکسته از خاک انداز استفاده می شود، آنها بایستی پس از مصرف اتوکلاو شوند یا در یک ضدعفونی کننده موثر و قوی قرار گیرند. لباس ها، حوله های کاغذی یا پارچه ای و اسفنج های استفاده شده برای تمیز کردن بایستی در زباله دان ضایعات آلوده قرار داده شوند. در کلیه این مراحل باید دستکش پوشیده شود.

اگر فرم های آزمایشگاهی یا سایر مستندات آزمایشگاه ها آلوده باشند، اطلاعات بایستی روی کاغذ دیگری کپی شده و نسخه های اصلی درون زباله دان ضایعات آلوده ریخته شوند.

شکستن لوله های محتوی مواد بالقوه آلوده درون سانتریفیوژهای فاقد باکتهای درپوش دار

اگر هنگام کار دستگاه شکستگی رخ دهد، موتور بایستی خاموش شود و سانتریفیوژ بسته بماند (برای مثال ۳۰ دقیقه) تا کاملاً متوقف شود. اگر بعد از توقف سانتریفیوژ شکستگی مشاهده شد، درب دستگاه بایستی فوراً بسته شود (حدود ۳۰ دقیقه) در هر دو حالت، مامور حفاظت زیستی بایستی اطلاع پیدا کند.

اگر لازم باشد دستکش های کلفت همراه با دستکش یک بار مصرف مناسب پوشانده شده و در تمام مراحل از آن استفاده شود. بایستی از پنس برای پیدا کردن و در آوردن خرده شیشه ها استفاده شود.

کلیه لوله های شکسته شده، قطعات متلاشی شده شیشه ها، باکتهای، تروپون ها و روتورها بایستی در یک ضدعفونی کننده که موجب زنگ زدگی نمی شود و بر ضد ارگانسیم های مربوطه فعال هستند قرار داده شوند. لوله های شکسته نشده و درپوش دار ممکن است در یک ظرف ضدعفونی کننده جداگانه گذارده و دوباره استفاده شوند.

تمام سانتریفیوژ بایستی با رقت مناسبی از همان ضدعفونی کننده توسط اسفنج پاک شود (دومرتبه)، سپس با آب شسته و خشک گردد. کلیه مواد مصرف شده برای پاک کردن بایستی به عنوان ضایعات عفونی در نظر گرفته شوند.

شکستگی لوله درون باکتهای درپوش دار (کاسه های ایمنی)

کلیه باکتهای درپوش دار سانتریفیوژ بایستی در یک هود بیولوژیک باز و بسته شوند. اگر احتمال شکستگی وجود دارد اول سرپوش ایمنی بایستی آزاد شده و باکت اتوکلاو شود یا به طریق شیمیایی ضدعفونی شود.

آتش‌سوزی و بلایای طبیعی

آتش‌نشانی و سایر سرویس‌ها بایستی در تنظیم طرح‌های آمادگی اضطراری دخیل باشند. به آنها بایستی پیش از همه اطلاع داده شود که کدام اتاق‌ها محتوی مواد بالقوه خطرناک هستند. بسیار مفید است که ترتیبی برای این سرویس‌ها داده شود تا بازدیدی از آزمایشگاه داشته و با چگونگی چیدن و محتویات آن آشنا شوند.

بعد از یک بلای طبیعی، سرویس‌های محلی یا کشوری بایستی از خطرات بالقوه درون و یا نزدیک ساختمانهای آزمایشگاهی آگاه شوند. آنها بایستی فقط همراه با یک کارمند آزمایشگاهی آموزش دیده وارد شوند. مواد آلوده بایستی در جعبه‌های ضد نشت یا کیسه‌های یک‌بار مصرف محکم جمع‌آوری گردند.

بازیافت یا انهدام نهایی بایستی توسط کارکنان حفاظت زیستی بر اساس مقررات محلی تعیین و تصمیم‌گیری شوند.

سرویس‌های اضطراری (یا با چه کسی تماس بگیرید)

شماره تلفن‌ها و آدرس‌های ذیل بایستی دائماً در بخش‌ها در معرض دید باشند:

- ۱- آزمایشگاه یا مرکز تحقیقاتی (برای فرد تماس گیرنده یا سرویس‌هایی که به آنها تلفن می‌شود ممکن است آدرس و محل، به صورت جزئیات شناخته شده نباشند)
- ۲- رئیس مرکز یا آزمایشگاه
- ۳- سوپروایزر آزمایشگاه
- ۴- مامور حفاظت زیستی
- ۵- سرویس‌های آتش‌نشانی
- ۶- سرویس‌های آمبولانس، بیمارستان، کارکنان پزشکی (اسامی کلینیک‌های خصوصی) دپارتمانها و یا در صورت امکان کارکنان پزشکی.
- ۷- پلیس
- ۸- ادارات پزشکی
- ۹- تکنیسین‌های مسئول
- ۱۰- شرکت‌های برق، گاز و آب منطقه.

تجهیزات اضطراری

تجهیزات اضطراری زیر بایستی قابل دسترس باشند:

- ۱- جعبه کمک‌های اولیه شامل پادزهرهای اختصاصی و عمومی

۲- کپسول آتش‌نشانی مناسب اطفاء حریق

همچنین موارد زیر پیشنهاد می‌شود اما ممکن است بر اساس شرایط محلی تغییر کند:

- ۱- پوشش‌های محافظتی کامل (لباس‌های سرهم، دستکش و پوشاننده‌های مو، برای حوادثی که در آن میکروارگانیسم‌های گروه‌های خطر ۳ و ۴ دخیل هستند).
- ۲- ماسک‌های تنفسی کامل که دارای فیلترهای مناسب برای ذرات و مواد شیمیایی هستند.
- ۳- دستگاه‌های ضدعفونی کننده اتاق از قبیل اسپری‌ها و اسپری فرمالدئید.
- ۴- برانکارد.
- ۵- ابزار از قبیل چکش، تبر، آچار، پیچ گوشتی، نردبان و طناب.
- ۶- تجهیزاتی برای تعیین علامت گذاری منطقه خطر.

ضدعفونی کردن و روش‌های استریلیزاسیون

دانستن اصول استریلیزاسیون و ضدعفونی، موضوع مهمی برای ایمنی زیستی در آزمایشگاه است. از آنجائی که اجسام شدیداً آلوده شده را نمی‌توان فوراً ضدعفونی یا استریل نمود، دانش اصول اولیه نظافت قبل از ضدعفونی نیز حائز اهمیت می‌باشد. در این رابطه اصول کلی ذیل در مورد انواع کلاس‌های پاتوژن میکروبی قابل استفاده می‌باشد.

ملزومات اختصاصی آلودگی زدایی به نوع کار آزمایشگاهی و طبیعت عوامل عفونت‌زا بستگی خواهد داشت. اطلاعات اصولی ارائه شده در این جا می‌تواند برای توسعه استاندارد سازی و پروسه سازی اختصاصی تر مخاطرات زیستی در یک آزمایشگاه ویژه، استفاده شود.

زمان اثر مواد ضدعفونی کننده بر روی یک ماده یا محصول متفاوت است، بنابراین، کلیه توصیه‌ها برای استفاده از مواد ضدعفونی کننده بایستی بر اساس مشخصه‌های تولید کنندگان انجام شود.

تعاریف:

واژه‌های مختلفی برای ضدعفونی و استریلیزاسیون استفاده می‌شود. رایج‌ترین آنها در ایمنی زیستی به شرح زیر است:

ضدمیکروبی (Anti Microbial): معرفی است که میکروارگانیسم‌ها را می‌کشد یا رشد و تکثیر آنها را سرکوب می‌کند.

گندزدا (Antiseptic): ماده‌ای است که رشد و نمو میکروارگانیسم‌ها را بدون نیاز به کشتن آنها، مهار می‌کند، گندزداها معمولاً برای ضد عفونی سطح بدن به کار می‌رود.

کشنده زیستی (Biocide): یک واژه عمومی برای هر ماده‌ای که ارگانیسم‌ها را می‌کشد.

میکروب کش شیمیایی (Chemical germicide): یک ماده شیمیایی یا مخلوطی از مواد شیمیایی است که برای کشتن میکروارگانیسم‌ها مصرف می‌شود.

آلودگی زدا (Decontamination): فرآیند حذف و یا کشتن میکروارگانیسم‌ها، از این واژه برای حذف یا خنثی سازی مواد رادیواکتیو یا مواد شیمیایی خطرناک استفاده می‌شود.

ضد عفونی کننده (Disinfectant): یک ماده شیمیایی یا مخلوطی از مواد شیمیایی که برای کشتن میکروارگانیسم‌ها استفاده می‌شود، اما لزوماً براسپور اثر ندارد. ضد عفونی کننده‌ها معمولاً برای سطوح یا موارد بی‌جان به کار می‌رود.

ضد عفونی (Disinfection): یک راه فیزیکی یا شیمیایی برای کشتن میکروارگانیسم‌ها است، لزوماً براسپور اثر ندارد.

میکروب کش (Microbicide): یک ماده شیمیایی یا مخلوطی از مواد شیمیایی که میکروارگانیسم‌ها را می‌کشد. این واژه اغلب به جای واژه‌های «کشنده زیستی»، «میکروب کش شیمیایی» یا «ضد میکروب» به کار می‌رود.

کشنده اسپور (Sporocide): یک ماده شیمیایی یا مخلوطی از مواد شیمیایی که برای کشتن میکروارگانیسم‌ها و اسپورها استفاده می‌شود.

استریلیزاسیون (Sterilization): فرآیندی که کلیه انواع میکروارگانیسم‌ها و اسپورها را می‌کشد و از بین می‌برد.

راه های استریل سازی

برای جلوگیری از انتقال آلودگی های آزمایشگاهی لازمست تعداد میکروارگانیسم ها در فضای آزمایشگاه کاهش داده شود. سه مکانیزم عمومی برای کاهش تعداد میکروارگانیسم ها وجود دارد: حرارت، مواد شیمیایی و پرتو دهی. از حرارت برای استریل سازی و تخریب تمام میکروارگانیسم ها و اسپورهایشان استفاده می شود. مواد شیمیایی و پرتو دهی تنها عوامل و میکروارگانیسم های زنده را از بین برده و اثری روی اسپورها ندارند.

۱- حرارت

حرارت یک عامل فیزیکی است که می توان از آن برای از بین بردن عوامل پاتوژن استفاده کرد. حرارت می تواند به دو صورت خشک و مرطوب باعث رفع آلودگی شود.

-حرارت مرطوب (بخار): حرارت مرطوب اثر قوی تری برای حذف آلودگی نسبت به حرارت خشک دارد و در اتوکلاوها از آن استفاده می شود.

اتوکلاو

در اتوکلاو بخار فراوان و فشار زیاد همزمان وجود دارند و می توانند به طور مناسبی سبب استریل شدن مواد و وسایل شوند. به طور کلی اتوکلاوهای آزمایشگاهی در دمای 121 درجه سانتیگراد و فشار ۱۵ psi عمل می کنند. زمان این نوع استریلیزاسیون با توجه به نوع ماده، مقدار و خصوصیات فیزیکی آن تعیین می شود. فشار زیاد و بخار شدید می تواند بسیار خطرناک باشد بنابراین باید در استفاده از این روش دقت کافی به خرج داد.

- ۱- مسئولیت به کار انداختن و مراقبت روزمره اتوکلاو بایستی به افراد آموزش دیده محول شود.
- ۲- یک برنامه برای جلوگیری از مخاطرات شامل بازرسی منظم محفظه‌ها، درب‌ها و کنترل آنها به وسیله فرد آموزش دیده وجود داشته باشد.
- ۳- بخار بایستی اشیاع شده و عاری از مواد شیمیایی (از قبیل مهارکنندگان خوردگی) که می‌تواند به وسایل استریلیزه شده آسیب برساند، باشد.
- ۴- همه موادی که نیاز به اتوکلاو شدن دارند بایستی درون ظروفی قرار گیرند که اجازه هوا و نفوذ مناسب حرارت را بدهند، حفره‌ها بایستی آزاد بسته شوند که بخار بتواند به کلیه مواد موجود در یک‌بار برسد.
- ۵- در مورد اتوکلاوهای بدون قفل ایمنی، دریچه اصلی بخار بایستی بسته بوده و قبل از بازکردن درب، اجازه داده شود دما به کمتر از 80°C برسد.
- ۶- در جایی که مایعات اتوکلاو می‌شوند تنظیم خروجی بایستی به آهستگی انجام شود، چون ممکن است مایعات به علت دمای بالا، اصطلاحاً سر برود.
- ۷- کاربرها بایستی هنگام بازکردن اتوکلاو دستکش و نقاب محافظ بپوشند، حتی زمانی که دما به زیر 80°C است.
- ۸- در پایش‌های روزمره عملکرد اتوکلاو، از اندیکاتورهای بیولوژیک یا ترموکوپل که در مرکز محتویات اتوکلاو قرار می‌گیرند استفاده شود، پایش منظم با ترموکوپل و وسایل ثبت، برای تعیین شرایط عملیاتی مناسب بسیار مطلوب است.
- ۹- در صورت وجود فیلتر در محفظه، بایستی هر روز آن را خارج نموده و کاملاً تمیز شود.
- ۱۰- بایستی دقت شود که دریچه آزادسازی فشار بخار اتوکلاو به وسیله کاغذ و غیره بسته نشده باشد.

- حرارت خشک

این نوع حرارت اثرات خورنده نداشته و از آن برای استریل سازی سطوح سخت و لوازم آزمایشگاهی شیشه ای استفاده می شود. استریل سازی در دمای ۱۶۰ تا ۱۷۰ درجه سانتیگراد و به مدت 2 الی 4 ساعت رخ می دهد. اما از آنجا که در هر بار استریل نمودن مقدار و نوع وسایل یا مواد آلوده متفاوت است، زمان حرارت دادن نیز تغییر خواهد کرد. از اسپورهای باسیلوس استئاروترموفیلوس برای کنترل مناسب بودن زمان و دمای استریل سازی می توان استفاده کرد.

- سوزاندن

سوزاندن همراه با یا بدون آلودگی زدایی اولیه، برای از بین بردن لاشه‌های حیوانات و زباله‌های بافتی و دیگر زباله‌های آزمایشگاهی مفید است. سوزاندن مواد عفونی به جای اتوکلاو کردن فقط در صورتی که کوره‌های مخصوص تحت کنترل آزمایشگاهی وجود داشته باشد، توصیه می‌شود.

سوزاندن مناسب به وسایل مناسب برای کنترل دما و یک محفظه سوزاندن دوم نیاز دارد. اما بسیاری از کوره‌ها به‌ویژه آنهایی که یک حفره احتراق دارند برای خاکستر کردن مواد عفونی، لاشه‌های حیوانی و پلاستیک‌ها نامطلوبند. بعضی از مواد ممکن است به‌طور کامل از بین نروند و از طریق دودکش به بیرون جریان یابد که این امر سبب آلودگی اتمسفر با میکروارگانیزم‌ها، دود و مواد شیمیایی سمی می‌شود. به‌هرحال، انواع بسیار مناسب برای محفظه‌های احتراق وجود دارد. دمای مطلوب در محفظه اول بایستی حداقل ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد و در محفظه دوم حداقل ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد باشد.

کلیه مواد حتی آن دسته از موادی که مرحله آلودگی زدایی اولیه را گذرانده‌اند و برای خاکستر شدن سوزانده می‌شوند، بایستی در کیسه‌های (ترجیحاً پلاستیکی) مناسب به کوره‌ها منتقل شوند. کاربران کوره‌ها بایستی دستورالعمل لازم راجع به کنترل بار و دما را دریافت کنند. بایستی به این نکته توجه داشت که کارآئی موثر یک کوره بستگی به مناسب بودن نوع مخلوط مواد موجود در زباله‌ها دارد. در حال حاضر نگرانی‌هایی در ارتباط با اثرات منفی کوره‌های فعلی و انواع موثر آن بر محیط زیست وجود دارد و تلاش‌هایی برای ساخت کوره‌هایی که با محیط زیست سازگارتر و به لحاظ انرژی موثر باشند، در دست اقدام است.

- جوشاندن

جوشاندن نیز یک راه کاهش تعداد میکروارگانیزم هاست ولی الزاماً تمام میکروارگانیزم‌ها و یا پاتوژن‌ها را نمی‌کشد. در عدم حضور وسایل دیگر (مانند مواد شیمیایی مناسب یا اتوکلاو) می‌توان از این روش استفاده نمود.

پرتودهی

اشعه ماورا بنفش می‌تواند جهت غیر فعال نمودن میکروارگانیزم‌های هوا و سطوح (مانند هودهای زیستی) مورد استفاده قرار گیرد.

طول موج مورد استفاده برای چنین مصارفی ۳۱۰-۲۱۰ نانومتر می‌باشد. اگرچه این پرتو علیه بسیاری از میکروبیها موثر است، اما دارای محدودیت‌هایی نیز می‌باشد. نفوذ پذیری این اشعه

محدود بوده و تنها علیه میکروبیهای موجود در سطوح باز و هوا اثر می‌کند. اشعه UV نمی‌تواند عوامل موجود در خاک و غبار غلیظ را غیرفعال کند. میزان تاثیر اشعه به فاصله از منبع آن بستگی دارد. هر چه از منبع اشعه دورتر شویم، با توجه به کاهش شدت اثر آن لازمست زمان پرتودهی افزایش یابد. همچنین گرد و غبار به شدت بر روی کارایی پرتو آن موثر است. لامپهای UV را باید به طور مرتب با دستمال نرم گردگیری کرد.

مواد شیمیایی

تعداد زیادی از مواد شیمیایی وجود دارند که می‌توان از آنها برای رفع آلودگی میکروبی استفاده نمود. این مواد می‌توانند به صورت مایع و یا گاز (بخار) مورد استفاده قرار گیرند. فعالیت بسیاری از این مواد در دماهای بالاتر، بهتر و سریعتر انجام می‌گیرد. اگرچه افزایش دما سبب تبخیر سریعتر و تجزیه شدن آنها نیز می‌گردد. بسیاری از مواد کشنده میکروارگانیزم

ها بر انسان و محیط زیست اثرات منفی می گذارند. بنابراین انتخاب، ذخیره سازی، نحوه کار با آنها، دور ریختن مقادیر اضافی باید با دقت و طبق دستورالعمل درج شده بر روی ظروف آنها باشد. هنگام کار پرسنل باید مجهز به پوشش ایمنی، دستکش، پیش بند و عینک ایمنی باشند. در زیر به تعدادی از معمول ترین مواد شیمیایی ضد عفونی کننده اشاره شده است. لطفاً به رفتهای اشاره شده برای هر ترکیب دقت نمایید. به طور معمول غلظت میکروب کش معمولاً به صورت وزنی/حجمی (W/V) نشان داده می شود، جدول (۷-۱) خلاصه ای از رقت های توصیه شده ترکیبات آزاد کننده کلرین را نشان می دهد.

جدول (۷-۱) رقت های توصیه شده ترکیبات آزاد کننده کلرین

در وضعیت کثیف B	در وضعیت تمیز A	
۰/۵٪ (۵ g/l)	۰/۱٪ (۱ g/l)	کلرین مورد نیاز
۱۰۰ ml/l	۲۰ ml/l	محلول هیپوکلریت سدیم (۵٪ کلرین)
۷ g/l	۱/۴ g/l	هیپوکلریت سدیم (۷۰٪ کلرین)
۸/۵ g/l	۱/۷ g/l	پودر دی کلروایزوسیانورات سدیم (۶۰٪ کلرین)
۴ قرص در هر لیتر	۱ قرص در هر لیتر	قرص های دی کلروایزوسیانورات سدیم (۱/۵ گرم کلرین به ازای هر قرص)
۲۰ g/l	۲۰ g/l	کلرآمین (۰/۲۵ کلرین)

A: بعد از حذف مواد Bulk

B: برای کف از قبیل خون قبل از حذف مواد Bulk

✓ Chlorin (Sodium hypochlorite):

کلرین یک اکسید کننده بسیار سریع است که به وفور برای عملیات ضد عفونی کردن استفاده می شود. مایع سفید کننده خانگی یک کلرین یا به طور دقیق تر فرم محلول سدیم هیپوکلریت می باشد. این مایع را می توان با آب رقیق کرده و با غلظت های متفاوت برای ضد عفونی کردن استفاده نمود.

کلرین و به خصوص سفید کننده خانگی بسیار قلیایی است و برای فلزات اثر خوردگی دارد. فعالیت این ماده در حضور مواد آلی مانند پروتئین ها محدود می شود. ذخیره سازی طولانی مدت یا در دمای بالای این مواد سبب می شود بخشی

از کلرین موجود در آنها به صورت گاز متصاعد شده و اثرات ضد میکروبی ماده را کاهش دهد. برای کارهای معمول آزمایشگاهی و استفاده روزمره از این ماده می توان غلظت % 0.1 کلرین را تهیه نمود. چنانچه حجم زیادی از ماده آلاینده بر روی سطوح پخش شده باشد یا نمونه آلوده دارای پروتئین زیادی باشد، بهتر است غلظت % 0.5 کلرین تهیه شود. مایع سفید کننده خانگی دارای کلرین %5 است بنابراین کفایت این مایع را 1:50 یا 1:10 رقیق نموده تا به غلظت مطلوب % 0.1 و % 0.5 برسیم.

استفاده از مایع سفید کننده به عنوان یک عامل ضد میکروبی در آزمایشگاه توصیه نمی شود بلکه می توان از آن به عنوان یک ضد عفونی کننده عمومی برای نظافت آزمایشگاه و دستگاهها یا وسایل فاقد قطعات فلزی استفاده نمود. کلرین همچنین برای رفع آلودگی آبهای آشامیدنی در غلظت های بسیار کمتر (۱ میلی گرم/لیتر) در مواقع ضروری به کار می رود. توجه داشته باشید که گاز کلرین بسیار سمی است، به همین دلیل بایستی مایع سفید کننده را در فضاهایی با تهویه مناسب قرار داد. هیچگاه نباید مایع سفید کننده را با اسیدها مخلوط نمود.

✓ *Formaldehyde*

فرمالدئید (HCHO) گازی است که کلیه میکروارگانیسمها و اسپورها را در درجه حرارت بالای ۲۰ درجه سانتیگراد می کشد. اگرچه این ماده بر علیه پرئونها فعال نیست.

فرمالدئید نسبتاً کنداثر است و به درجه رطوبت در حدود %۷۰ نیاز دارد. این ماده به شکل پلیمر جامد، پارافرمالددئید (به شکل پولک یا قرص) یا به شکل فرمالین که یک محلول گاز در آب به غلظت حدود %۳۷ ml/l ۳۷۰ که حاوی متانول ml/l ۱۰۰ به عنوان پایدار کننده است، فروخته می شود. هر دو فرمولاسیون پس از حرارت دیدن گاز آزاد می نمایند که می توان از آنها به عنوان آلوده زدا یا ضد عفونی کننده در محوطه های بسته از قبیل کابینت ها و اتاق ها استفاده نمود (به بخش آلودگی زدایی محیط های موضعی در همین فصل مراجعه شود) فرمالددئید (فرمالین %۵ در آب) ممکن است به صورت یک ضد عفونی کننده مایع استفاده شود.

فرمالددئید مظنون به سرطان زایی (کارسینوژن) است. این ماده خطرناک است، گاز تحریک کننده ای که محرک بینی است و بخارات آن چشمها و غشای مخاطی را می سوزاند، بنابراین باید در زیر هود یا منطقه ای که دارای هواکش خوبی است نگاهداری و استفاده شود. مقررات ملی ایمنی شیمیایی بایستی رعایت گردد.

✓ *Glutaraldehyde*

همانند فرمالددئید، گلو تار آلدئید (OHC(CH₂)₃CHO) بر علیه باکتری های گیاهی، اسپورها، قارچها و ویروس های واجد و فاقد پوشش لیپدی فعال است. این ماده خاصیت خوردگی نداشته و نسبت به فرمالددئید سریع الاثرتر است. اگرچه، برای کشتن باکتری های اسپوردار چندین ساعت زمان لازم دارد. گلو تار آلدئید به طور کلی به عنوان یک محلول با غلظت در حدود ۲% (g/l ۲۰) به کار می رود و ممکن است نیاز باشد بعضی از محصولات آن قبل از مصرف توسط قلیا (به وسیله افزودن بی کربنات) فعال شود. محلول فعال شده بسته به فرمولاسیون نوع و تکرار به مدت ۱ تا ۴ هفته، پایدار می ماند. استفاده از نوارهای تشخیصی (Dipstick) که همراه بعضی از انواع این ماده وجود دارد فقط یک میزان تقریبی از گلو تار آلدئید فعال را نشان می دهد. اگر محلول گلو تار آلدئید کدر شده باشد نباید مصرف شده و باید دور ریخته شود.

گلو تار آلدهید سمی و یک ماده سوزاننده پوست و غشای مخاطی است و از تماس آن بایستی اجتناب شود. این ماده بایستی در زیر هود یا منطقه دارای هواکش مناسب استفاده شود. استفاده از آن به صورت اسپری یا محلول برای آلودگی زدایی سطوح کار توصیه نمی‌شود. مقررات ملی ایمنی شیمیایی بایستی رعایت شود.

Alcohols ✓

اتانول (اتیل الکل، C_2H_5OH) و ۲- پروپانول (ایزوپروپیل الکل، $(CH_3)_2CHOH$) خصوصیات ضد عفونی مشابهی دارند. این‌ها بر علیه باکتری‌های زنده، قارچ‌ها و ویروس‌های واجد غشای لیپیدی موثر هستند اما بر اسپورها تاثیری ندارند. تاثیر آنها روی ویروس‌های فاقد پوشش لیپیدی متغیر است. موثرترین غلظت مصرفی آنها حدود ۷۰٪ (V/V) در آب است، غلظت‌های بالاتر و پایین‌تر ممکن است میکروب‌کش نباشند. یکی از نکات مثبت این محلول‌های الکلی آن است که بقایای بر روی اجسام ضد عفونی شده باقی نمی‌گذارد. الکل به صورت مخلوط با دیگر معرف‌ها نسبت به الکل تنها موثرتر است، برای مثال ۷۰٪ (V/V) صد گرم بر لیتر در فرمالدهید و الکل حاوی ۲ g/l کلرین ترکیب مناسبی است. محلول الکل ۷۰٪ در آب می‌تواند روی پوست، میزکاری آزمایشگاه، هود بیولوژیک و همچنین غوطه‌ور کردن وسایل کوچک جراحی استفاده شود. در صورتی الکل می‌تواند روی پوست استفاده شود که با نرم کننده‌ها مخلوط شده باشد. شستشوی دست‌ها توسط الکل برای آلودگی زدایی دست‌هایی که خیلی آلوده نیستند در مواردی که دست‌شوی مناسب در دسترس نباشد، توصیه می‌شود. به هر حال بایستی به خاطر داشت که معرف‌های الکلی در برابر اسپورها غیر موثر هستند و ممکن است کلیه انواع ویروس‌های فاقد پوشش لیپیدی را نکشد.

الکل‌ها فرار و قابل اشتعال هستند و نباید نزدیک به شعله‌های روشن استفاده شوند. محلول‌های کاری باید در ظروف مناسب نگهداری شده و از تبخیر الکل‌ها اجتناب شود. الکل‌ها ممکن است موجب سختی لاستیک شده و برخی از چسب‌ها را حل کند. نگهداری و وجود مقدار مناسب اتانول در آزمایشگاه خیلی مهم است و از مصرف آن در دیگر مقاصد ضد عفونی کردن اجتناب شود. بطری‌های حاوی محلول‌های الکلی باید بطور واضح لیبل‌دار باشند و از اتوکلاوینگ آنها اجتناب شود.

Iodine and iodophors ✓

عمل این مواد ضد عفونی کننده مشابه کلرین است، اگرچه ممکن است آنها کمتر به وسیله مواد ارگانیک مهار شوند. ید ممکن است سطوح محیط و اجسام را رنگی کند و در شرایط معمولی برای مصرف به عنوان یک ضد عفونی کننده مناسب نیست. البته مقدار جزئی ید و ترکیبات یددار به عنوان گندزدا مناسب هستند. ترکیب Polyvidone-iodine به عنوان ضد عفونی کننده وسایل و گندزدایی پوست قبل از عمل جراحی، قابل اعتماد و ایمن است. گندزدایی توسط مواد یددار عموماً برای وسایل دندان پزشکی / پزشکی مناسب نیستند. ید نبایستی روی آلومینیوم یا مس استفاده شود. ید می‌تواند سمی باشد محصولات ارگانیک یددار باید در ۴ تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شوند تا از رشد باکتری‌های بالقوه مضر در آنها جلوگیری شود.

✓ پراکسید هیدروژن و پراسیدها

همچون کلرین، پراکسید هیدروژن (H_2O_2) و پراسیدها قوی‌ترین اکسیدان‌ها (اکسیدکننده‌ها) هستند که در گروه میکروب‌کش‌های وسیع الطیف طبقه‌بندی می‌شوند. آنها همچنین نسبت به کلرین برای انسان و محیط زیست ایمن‌ترند. پراکسید هیدروژن یا به صورت محلول آماده مصرف (۳٪) و یا به صورت محلول ۳۰٪ که بایستی ۵ تا ۱۰ برابر با آب مقطر رقیق شود، وجود دارد، هرچند، محلول‌های ۳ تا ۶٪ پراکسید هیدروژن به‌تنهایی دارای سرعت اثر نسبتاً کمتر و میکروب‌کشی محدودتری است اما در حال حاضر ترکیباتی وجود دارد که اجزای تشکیل دهنده آنها می‌تواند پراکسید هیدروژن را پایدار کرده و عمل میکروب‌کشی آن را شتاب بخشند و از طرفی اثر خوردگی آنها را کمتر کند. پراکسید هیدروژن می‌تواند برای آلودگی زدائی سطوح کاری میز آزمایشگاهی و کابینت‌های امن بیولوژیک استفاده شود و محلول‌های قوی‌تر آن ممکن است برای ضدعفونی کردن وسایل دندانپزشکی/پزشکی حساس به گرما، مناسب باشد مصرف بخارات پراکسید هیدروژن یا پراستیک (CH_3COOOH) برای آلودگی زدائی از وسایل جراحی/پزشکی حساس به گرما، نیازمند تجهیزات اختصاصی است.

پراکسید هیدروژن و پراسیدها می‌توانند موجب خوردگی فلزات از قبیل آلومینیوم، مس، برنز و روی و همچنین بی‌رنگ شدن پارچه، مو، پوست و غشای مخاطی شوند. اجسام آغشته به این مواد قبل از تماس با چشم و غشای مخاطی باید کاملاً آبکشی شوند. آنها همیشه بایستی به دور از حرارت نگه‌داری شده و از تابش نور محافظت شوند.

تمیز کردن وسایل آزمایشگاهی

برای تمیز کردن وسایل و ابزار موجود در آزمایشگاه لازمست ابتدا گرد و خاک نشسته بر سطوح جمع آوری گردد. بنابراین در مرحله اول جارو کردن، دستمال کشیدن، شستشو با آب یا استفاده از دستمال‌های مرطوب شده با آب و صابون یا هر شوینده دیگری می‌توانند غبار را از سطح دستگاهها و وسایل پاک کند. گرد و خاک و چرک جمع شده می‌تواند مانند لایه ای، از میکروارگانیسم‌ها در برابر مواد ضدعفونی کننده حفاظت نماید. پس از مرحله غبار رویی می‌توان از ماده ضدعفونی کننده مناسب مطابق دستورالعمل ذکر شده بر روی آن استفاده نمود.

آلودگی زدائی موضعی در محیط کار

آلودگی زدائی فضای آزمایشگاه، وسایل و تجهیزات به ترکیبی از ضد عفونی کننده‌های گازی و مایع نیاز دارد. سطوح می‌توانند با مصرف محلول هیپوکلریت سدیم ($NaOCl$) آلودگی زدائی شوند. محلول ۱g/l کلرین برای بهداشت عمومی محیط مناسب است اما در شرایط آلودگی پرخطرتر استفاده از محلول‌های قوی‌تر (۵ g/l) توصیه می‌شود. برای آلودگی زدائی محیط، محلول فرموله شده حاوی ۳٪ پراکسید هیدروژن (H_2O_2) می‌تواند محلول مناسب‌تری به‌جای محلول‌های سفید کننده باشد.

اتاق‌ها و تجهیزات را می‌توان به‌وسیله بخارات گاز فرمالدئید که در اثر حرارت دادن با پارافرمالدئید یا جوشاندن فرمالین تولید می‌شود، ضد عفونی نمود. البته این یک روش بسیار خطرناک است و به پرسنل ویژه آموزش دیده نیازمند است. تمامی خروجی‌های اتاق (از قبیل پنجره‌ها، درها و ...) بایستی به‌وسیله نوار چسب (یا مشابه آن) قبل از تولید گاز کاملاً بسته شوند استفاده از بایستی دمای در حدود حداقل ۲۱ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۰٪ انجام شوند. (مبحث آلودگی زدایی هودهای بیولوژیک را ببینید). قبل از اجازه ورود به پرسنل بایستی بخارات منطقه تهویه شده باشد و در صورت ورود به اتاق قبل از تهویه، بایستی افراد از ماسک‌های تنفسی مناسب استفاده نمایند. از گاز بی‌کربنات آلومینیوم می‌توان به‌عنوان خنثی کننده فرمالدئید استفاده کرد.

بخار دادن فضاهای کوچک‌تر با بخار پراکسید هیدروژن نیز مناسب است اما برای تولید این بخارات به تجهیزات تخصصی نیاز است.

ضد عفونی کردن هودهای بیولوژیک

برای آلودگی زدایی کابینت‌های کلاس I, II از تجهیزاتی که جداگانه قابلیت تولید، گردش هوا و خنثی سازی گاز فرمالدئید را دارد استفاده می‌شود. روش دیگر استفاده‌ی میزان مناسبی پارافرمالدئید (با غلظت نهایی ۸٪ پارافرمالدئید در هوا) درون یک ظرف که روی پلیت گرمکن الکتریکی گذاشته می‌شود. همچنین درون ظرف دیگر، محلول حاوی بی‌کربنات آلومینیوم به میزان ۱۰٪ بیش از پارافرمالدئید روی یک گرمکن الکتریکی دوم در داخل کابینت قرار داده می‌شود. سیم‌برق پلیت‌ها خارج از کابینت درون پریرز شود، تا بتوان ظروف را خارج از کابینت به‌وسیله خاموش و روشن کردن گرمکن کنترل کرد.

اگر رطوبت نسبی زیر ۷۰٪ است بایستی یک ظرف آب داغ سرباز نیز در داخل کابینت گذاشته شود، سپس درب کابینت‌ها توسط نوار محکم بسته شود. فضای باز جلوی هود و هواکش‌های هود به‌وسیله یک پوشش پلاستیکی ضخیم که محکم بسته شده، پوشیده می‌شود تا بتوان از عدم نشت درون اتاق اطمینان یافت.

اطراف محل ورود سیم برق به داخل کابینت نیز توسط نوار محکم بسته می‌شود.

برق مربوط به گرمکن ظرف حاوی پارافرمالدئید وصل می‌شود و تا زمانی که تمامی پارافرمالدئید تبخیر نشده نبایستی از پریرز برق کشیده شود.

کابینت به مدت حداقل ۶ ساعت دست نخورده باقی بماند. سیم پلیت مربوط به ظرف دوم به برق متصل شده تا بی‌کربنات آلومینیوم نیز تبخیر شود، سپس پریرز برق قطع شده هود برای دوبار به مدت هر بار ۲ ثانیه روشن می‌شود تا گاز بی‌کربنات آلومینیوم کاملاً در داخل کابینت گردش کند. کابینت به مدت ۳۰ دقیقه قبل از باز شدن در جلویی و برداشتن پوشش پلاستیکی دست نخورده باقی می‌ماند. سطوح کابینت قبل از استفاده مجدد بایستی کاملاً تمیز شود.

شستن دست‌ها/ آلودگی زدایی دست

در صورت امکان هنگام به‌کارگیری مواد دارای مخاطرات زیستی دستکش مناسب پوشیده شود. به‌هرحال این عمل نمی‌تواند جایگزین شستشوی مناسب و منظم دست‌ها توسط پرسنل آزمایشگاه شود. دست‌ها باید بعد از به‌کارگیری مواد و حیوانات دارای مخاطرات زیستی، و قبل از ترک آزمایشگاه شسته شوند.

در اغلب مواقع شستشوی کامل دست‌ها با صابون و آب معمولی به‌منظور آلودگی زدایی کافی است. اما در شرایط آلودگی باریک بالا مصرف صابون‌های میکروبی‌کش توصیه می‌شود. دست‌ها بایستی کاملاً با صابون آغشته شوند، و سپس (به‌مدت حداقل ۱۰ ثانیه) با آب تمیز آب‌کشی شوند و با دستمال کاغذی یا حوله پارچه‌ای خشک شود (اگر در دسترس است از هوای گرم برای خشک کردن استفاده شود).

توصیه می‌شود شیر آب با پا یا آرنج، باز و بسته شود و اگر در جایی مقدور نیست به منظور پیش‌گیری از انتقال آلودگی از دستمال کاغذی یا حوله پارچه‌ای برای باز و بسته کردن شیر آب استفاده شود.

در شرایطی که مایع دستشویی مناسب در دسترس نیست برای آلودگی زدایی دست‌های آلوده را با الکل آغشته نمایید.

فصل هشتم

زباله‌ها ، مواد شیمیایی و سایر مخاطرات

زباله (Waste) به هر چیزی گفته می شود که باید دور ریخته شود. ضدعفونی کردن زباله ها قبل از خارج کردن آنها از فضای آزمایشگاه بسیار اهمیت دارد. بسیاری از وسایل شیشه ای، ابزارها و پوشش های آزمایشگاهی مرتباً استفاده می شوند و دور ریختنی نیستند. مواد دور ریختنی باید قبل از دفع به کمک اتوکلاو کردن یا تحریق ضدعفونی گردند.

قبل از تصمیم گیری در مورد مراحل آلوده زدایی باید زباله ها را تفکیک نمود:

۱- زباله های غیر آلوده یا فاقد قدرت عفونت زایی: این زباله ها را می توان مجدداً استفاده کرد و در صورت عدم نیاز همراه با زباله های "خانگی" خارج نمود.

۲- زباله های آلوده یا عفونت زای تیز و برنده: سوزن ها، تیغ های اسکالپل، چاقو و قطعات شکسته شده شیشه. این زباله ها باید در ظرفهای اختصاصی تهیه شده برای اجسام تیز و برنده جمع آوری شوند و قبل از دور ریختن با اتوکلاو ضدعفونی گردند.

۳- مواد آلوده ای که اتوکلاو شده و دور ریخته می شوند.

۴- مواد آلوده ای که پس از تیمار با مواد ضدعفونی کننده شیمیایی دور ریخته می شوند.

۵- مواد آلوده ای که پس از انجام اتوکلاو مجدداً استفاده می شوند.

✓ اجسام تیز و برنده

سوزن ها پس از استفاده دوباره با در پوشانده می شوند و در محفظه اختصاصی وسایل تیز و برنده جمع آوری می گردند. این محفظه ها در برابر بریدگی و فشار بسیار مقاومند. زمانی که سه چهارم آنها پر شد، باید با سایر زباله های بدون مصرف اتوکلاو شوند. به هیچ وجه چنین زباله هایی نباید با سایر زباله ها به ویژه زباله های خانگی دور ریخته شوند.

✓ مواد آلوده ای که اتوکلاو شده و مجدداً استفاده می شوند

به هیچ وجه قبل از اتوکلاو کردن نباید در تماس با افراد قرار گیرند. در اولین مرحله ضدعفونی کردن اتوکلاو انجام می شود و در صورت نیاز سایر مراحل آلوده زدایی نیز اعمال می گردد.

✓ مواد آلوده ای که اتوکلاو شده و دور ریخته می شوند

تمام مواد آلوده که قرار است اتوکلاو شده و دور ریخته شوند باید درون محفظه های بسته مانند کیسه های پلاستیکی سالم و بدون سوراخ قرار گیرند. محیط های کشت آلوده یا پلیت های جامد کشت باکتری ها جز این دسته از زباله ها محسوب می شوند. چنین زباله هایی بهتر است پس از اتوکلاو شدن سوزانده شوند.

مخاطرات شیمیایی

کارکنان آزمایشگاه های میکروبیولوژی نه تنها در معرض میکروارگانیزم های بیماری زا بلکه در معرض آسیب های شیمیایی خطرناک نیز می باشند. موضوع مهم آن است که این افراد از دانش و اطلاعات مربوط به اثرات سمی این مواد شیمیایی و راه های در معرض قرار گرفتن و آسیب هایی که ممکن است در حین جابه جایی و نگهداری آنها به وجود آید، برخوردار باشند. اوراق اطلاعات ایمنی مواد یا اطلاعات خطر شیمیایی از طریق سازندگان و فروشندگان مواد شیمیایی

قابل دستیابی است. این اطلاعات می‌بایست در اختیار آزمایشگاه‌هایی که از این مواد شیمیایی استفاده می‌کنند قرار گیرند و به عنوان بخشی از دستورالعمل‌های ایمنی محسوب گردند.

راه‌های قرارگیری در معرض

راه‌های قرارگیری در معرض مواد شیمیایی خطرناک ممکن است به شرح ذیل باشند:

- ۱- تنفس
- ۲- تماس با پوست
- ۳- بلعیدن
- ۴- فرورفتن سوزن
- ۵- از طریق پوست آسیب دیده

نگهداری مواد شیمیایی

صرفاً مقادیری از مواد شیمیایی لازم برای استفاده روزانه می‌بایست در آزمایشگاه نگهداری شوند. ذخایر عمده مواد شیمیایی می‌بایست در ساختمانها و اطاق‌های طراحی شده‌ی مخصوص نگهداری شوند. مواد شیمیایی نمی‌بایست بر اساس حروف الفبا نگهداری شوند.

قواعد عمومی در خصوص ناسازگاری مواد شیمیایی

برای اجتناب از آتش‌سوزی و یا انفجار، مواد مندرج در ستون چپ از جدول شماره (۸-۱) می‌بایست به‌نحوی نگهداری و حمل و نقل گردند که هیچ‌گاه در تماس با سایر مواد شیمیایی مندرج در ستون سمت راست همین جدول قرار نگیرند.

جدول شماره (۸-۱) قواعد عمومی در خصوص ناسازگاری مواد شیمیایی

مواد ناسازگار	گروه مواد
دی‌اکسید کربن، هیدروکربن‌های کلردار، آب	فلزات قلیایی نظیر سدیم، پتاسیم، سزیم و لیتیوم
آمونیاک، استیلن، هیدروکربن‌ها	هالوژن‌ها
عوامل اکسیدکننده نظیر اسید کرومیک، اسید نیتریک، پراکسیدها، پرمنگنات‌ها	اسیداستیک، سولفید هیدروژن، آنیلین، هیدروکربن‌ها، اسید سولفوریک

اثرات سمی مواد شیمیایی

برخی مواد شیمیایی اثرات زیان‌آوری بر روی سلامت افرادی که با آنها کار می‌کنند و یا بخارات آنها را استنشاق می‌کنند، برجا می‌گذارند. جدا از سموم آشکار، تعدادی از مواد شیمیایی دارای اثرات سمی گوناگون شناخته شده‌اند.

سیستم تنفسی، خون، ریه‌ها، کبد، کلیه‌ها و سیستم گوارشی همچنین دیگر اندام‌ها و بافت‌ها ممکن است تحت تاثیر زیان‌آور مواد شیمیایی قرار گرفته یا آسیب‌های شدیدی بر آنها وارد گردد. برخی مواد شیمیایی به عنوان سرطان‌زا و یا Teratogenic شناخته شده‌اند.

بخارات برخی از حلال‌ها در صورت بلعیده شدن سمی هستند. به غیر از بیشترین اثرات وخیم مذکور، قرارگرفتن در معرض مواد شیمیایی ممکن است منجر به آسیب‌هایی گردد که اثرات قابل مشاهده فوری بر سلامت نداشته باشد ولی می‌تواند شامل از دست دادن تعادل، خواب‌آلودگی و علائمی مشابه که منجر به افزایش وقوع حوادث می‌گردند، باشد.

قرارگرفتن طولانی و مکرر در معرض فاز مایع بسیاری از حلال‌های آلی می‌تواند منجر به صدمات پوستی گردد. این موضوع می‌تواند ناشی از اثر چربی‌زدایی این مواد باشد اما علائم آلرژیک و ایجاد حساسیت و خوردگی همچنین امکان بروز دارند.

جهت کسب اطلاع از جزئیات اثرات سمی مواد شیمیایی جدول پیوست را ملاحظه نمایید.

مواد شیمیایی منفجره

آزیدها که اغلب در محل‌های ضد باکتریایی به کار می‌روند، نمی‌بایست با مس و سرب تماس و مجاورت داده شود (به‌عنوان مثال لوله‌های فاضلاب و لوله‌کشی ساختمان). چون ممکن است با ضربه‌های بسیار جزئی و خفیف انفجار مهبی به وجود آورند.

اترهایی که کهنه و خشک شده و به کریستال‌ها تبدیل شده‌اند بسیار ناپایدار و بالقوه قابل انفجار هستند.

اسیدپرکلریک در صورتی که روی میز کار چوبی، آجری یا مواد، خشک شود، منفجر خواهد شد و منجر به آتش سوزی می‌گردد.

اسیدپیکریک و پیکرات‌ها ممکن است در اثر حرارت و ضربه منفجر شوند.

ریختن مواد شیمیایی

اغلب کارخانجات تولید کننده مواد شیمیایی آزمایشگاهی طی جداول انتشار یافته خود روش‌های مقابله با ریختن این مواد را توصیف می‌کنند. جداول و کیت‌های ریختن این مواد نیز به شکل تجارتي قابل تهیه می‌باشند.

جداول مورد نیاز می‌بایست در مکان‌های ثابتی از آزمایشگاه در معرض دید قرار گیرند و ملزومات ذیل می‌بایست تهیه گردند:

- ۱- کیت‌های مناسب برای استفاده به‌هنگام ریختن مواد شیمیایی.
- ۲- پوشش‌های محافظتی نظیر دستکش‌های لاستیکی مقاوم و مستحکم، روکش کفش‌ها یا چکمه‌های لاستیکی، ماسک تنفسی.
- ۳- وسایل جمع‌آوری و خاک‌اندازها.
- ۴- انبرهایی که برای برداشتن قطعات ظروف شیشه‌ای شکسته.
- ۵- تی‌های نظافتی، پارچه‌ها و حوله‌های کاغذی.
- ۶- سطل‌ها.
- ۷- خاکستر سودا (کربنات سدیم، Na_2CO_3) یا سدیم بی‌کربنات (NaHCO_3) برای خنثی‌سازی اسیدها و مواد شیمیایی خورنده.
- ۸- شن و ماسه (برای پوشاندن مواد قلیایی ریخته شده)
- ۹- شوینده غیر قابل اشتعال.

دیگر مخاطرات آزمایشگاهی

کارکنان آزمایشگاه ممکن است با خطراتی ناشی از انواع انرژی شامل آتش، الکتریسیته، تشعشع و صدا مواجه شوند. اطلاعات مربوط به هر یک از این مخاطرات در این فصل آمده است.

مخاطرات آتش سوزی

همکاری تنگاتنگ مابین کارشناسان ایمنی و کارشناسان اطفاء حریق (آتش‌نشانی) محلی، موضوعی مهم و اساسی است. به غیر از مخاطرات مواد شیمیایی، اثرات آتش‌سوزی بر امکان انتشار مواد آلاینده نیز می‌بایست در نظر گرفته شود. این موضوع ممکن است در انتخاب بهترین راه اطفاء حریق یا محدود کردن آتش‌سوزی تعیین کننده باشد.

همکاری کارشناسان آتش‌نشانی محلی در آموزش کارکنان آزمایشگاه برای ممانعت از آتش‌سوزی و واکنش سریع به هنگام وقوع آتش‌سوزی و استفاده از تجهیزات در مقابله با آتش‌سوزی مطلوب است.

هشدارها، آموزش‌ها و راه‌های فرار مربوط به آتش‌سوزی می‌بایست به شکل دائمی در هر اتاق و داخل راهروها و سالن‌ها نمایش داده شوند.

مخاطرات الکتریکی

نکته اساسی آن است که تمامی تجهیزات الکتریکی و نحوه نصب آنها مورد بازرسی و آزمون‌های دوره‌ای قرار گیرند، شامل سیستم‌های کارگذاری اتصال به زمین.

قطع‌کننده‌های جریان مدار برق (Circuit-Breakers) و وقفه دهنده جریان برق با بروز عیب در دستگاه (Earth-Fault-inter rupters) می‌بایست در مدار الکتریکی مناسب آزمایشگاه نصب گردد.

قطع‌کننده‌های جریان مدار برق از انسان حفاظت نمی‌نمایند، آنها به منظور حفاظت سیم‌کشی هنگام عبور بار اضافه الکتریکی و در نتیجه ممانعت از آتش‌سوزی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

وقفه دهنده جریان برق با بروز عیب در دستگاه و اتصال به زمین به منظور حفاظت اشخاص از شوک الکتریکی به کار می‌روند.

همه تجهیزات الکتریکی آزمایشگاه می‌بایست ترجیحاً به وسیله تویی‌های سه شاخه به زمین اتصال یابند.

همه تجهیزات الکتریکی آزمایشگاه و سیم‌کشی می‌بایست با استانداردها و کدهای ایمنی الکتریکی ملی تطبیق یابند.

سر و صدا

تأثیر سر و صدای زیادی در طول زمان آسیب‌رسان خواهد بود. بعضی از تجهیزات آزمایشگاهی نظیر سیستم‌های لیزری و همچنین تاسیسات نگه‌داری حیوانات می‌تواند میزان قابل توجهی صدا در محیط کارکنان ایجاد نماید. بررسی و اندازه‌گیری سر و صدا می‌تواند میزان خطرات صوتی را مشخص کند کنترل‌های مهندسی در مکان‌های مشخص مانند حصارها یا سدهای اطراف تجهیزات پر سرو صدا یا مابین فضاها و یا دیگر محل‌های کار، باید در نظر گرفته شوند.

در مواردی که امکان کاهش سر و صدا وجود ندارد و یا در آزمایشگاه‌هایی که به‌طور معمول پرسنل در معرض سر و صدا هستند یک برنامه حفاظت شنوایی که شامل استفاده از محافظ صدا به هنگام کار کردن در مقابل آسیب صدا و یک برنامه مداوم معاینه پزشکی برای تعیین تأثیر سر و صدا بر کارکنان، بایستی در نظر گرفته شود.

تشعشعات یونیزه کننده

حفاظت از اشعه در موارد حفاظت از انسانها در مقابل آثار زیان‌بار اشعه یونیزه کننده در نظر گرفته می‌شود این تاثیرات عبارتند از:

- ۱- تاثیرات سوماتیک نظیر علائم بالینی در افرادی که در معرض اشعه قرار گرفته‌اند. تاثیرات سوماتیک شامل سرطانهای القاء شده توسط اشعه مانند سرطان خون، استخوان، ریه و پوست که ممکن است بروز هر کدام چندین سال پس از تابش رخ دهد. تاثیرات سوماتیک با شدت کمتر شامل ضایعه پوستی کوچک، ریزش مو، کم‌خونی‌ها، آسیب‌های معده و روده‌ای و ایجاد آب مروارید در چشم می‌باشد.
- ۲- تاثیرات وراثتی نظیر علائم مشاهده شده در فرزندان افرادی که در معرض اشعه قرار گرفته‌اند. تاثیرات وراثتی تابش اشعه به غدد تناسلی شامل آسیب کروموزومی یا جهش ژن است. پرتوهای سلول‌های زایای غدد تناسلی با دوزهای بالا می‌تواند منجر به مرگ سلولی و در نتیجه نقص توانایی باروری در هر دو جنس یا تغییرات قاعدگی در زنان گردد. تابش پرتوهای یونیزه به جنین در حال تکامل به‌ویژه در هفته‌های ۸ الی ۱۵ بارداری، ممکن است منجر به افزایش خطر ایجاد نقص مادرزادی اندام‌ها، نقایص مغزی و یا سرطانهای القایی از اشعه در زندگی آتی گردد.

اصول حفاظت در برابر تشعشعات یونیزه کننده

جهت محدود نمودن آثار مخرب و مضر تشعشعات یونیزه کننده، استفاده از رادیو ایزوتوپ‌ها می‌بایست تحت کنترل قرار گیرد و از استانداردهای ملی مرتبط تبعیت نماید.

حفاظت در برابر اشعه بر پایه چهار اصل اداره می‌شود:

- ۱- به حداقل رساندن زمان قرار گرفتن در معرض اشعه.
 - ۲- به حداکثر رساندن فاصله قرار گرفتن از منبع اشعه.
 - ۳- پوشش منبع اشعه.
 - ۴- جانشینی استفاده از رادیونوکلیئیدها با روش‌هایی غیر از پرتوسنجی
- فعالیت‌های حفاظتی شامل موارد ذیل است:

- ۱- **زمان:** زمان در معرض قرارگیری را می‌توان از طرق زیر کاهش داد:
 - استفاده از روش‌های جدید و رایج نشده بدون استفاده از رادیونوکلوئیدها تا زمانی که این روش‌ها کاملاً مطالعه و شناخته شدند.
 - کارکردن با رادیونوکلوئیدها به آرامی و بدون هرگونه شتاب‌زدگی و دست‌پاچی.
 - اطمینان یافتن از اینکه همه منابع رادیواکتیو بلافاصله پس از استفاده از آنها به انبار عودت داده شود.
 - خروج مواد زائد رادیواکتیو از آزمایشگاه در فواصل زمانی منظم.
 - به حداقل رساندن زمان حضور در فضای اشعه یا آزمایشگاه.
 - اجراء مدیریت زمانی موثر و برنامه‌ریزی در آزمایشگاه درگیر در کار با مواد رادیواکتیو.
- کاهش زمان قرارگیری پرسنل در محوطه اشعه و دریافت دوز کمتر با این محاسبه توصیه می‌گردد.
- زمان = درجه دوز = دوز

- ۲- **فاصله:** درجه دوز برای اغلب اشعه‌های گاما و ایکس (γ and X) متناسب است با عکس مربع فاصله از نقطه منبع.

دوبرابر نمودن فاصله از منبع تشعشع به کاهش در معرض قرارگیری به میزان $1/4$ در یک دوره یک‌سان زمانی می‌انجامد.

از وسایل گوناگون و ابزار مکانیکی برای افزایش فاصله مابین کاربر و منبع تشعشع استفاده شده است همچون انبرهای دسته‌بلند، انبرک‌ها، گیره‌ها و ابزار کنترلی کشیدن مایعات به‌داخل پیت. توجه کنید که افزایش کوچکی در فاصله می‌تواند منجر به کاهش قابل ملاحظه‌ای در مقادیر دوز گردد.

- ۳- **سپر حفاظتی:** سپرهای جذب انرژی تشعشعی یا تنزل آن که مابین منبع و کاربر یا دیگر افراد حاضر در آزمایشگاه قرار داده شده است به محدود نمودن در معرض قرارگیری کمک خواهد نمود. انتخاب نوع و ضخامت هرگونه مواد پوشش‌گذاری به‌توانایی نفوذ (نوع و انرژی) تشعشع بستگی دارد.

سدی از آکرلیک، چوب یا فلزات سبک وزن به ضخامت $1/5 - 1/3$ سانتی متر سپری بر علیه ذرات پرنرژی (β) بتا بوجود می‌آورد. به همین صورت سرب با وزن مخصوص بالا برای پوشش گذاری بر علیه پرتوهای پرنرژی گاما و ایکس (γ and X) مورد نیاز است.

۴- **جایگزینی:** موادی با منشاء رادیونوکلئید تا زمانی که به کارگیری سایر روش‌ها امکان پذیر می‌باشد نمی‌بایست مورد استفاده قرار گیرند. در صورتی که جایگزینی امکان پذیر نباشد می‌بایست از رادیونوکلئید با حداقل توان نفوذ یا انرژی استفاده نمود.

روش‌های ایمنی برای کار با رادیونوکلئیدها

قواعد کار با مواد رادیونوکلئید می‌بایست شامل ملاحظات در چهار زمینه باشند:

- ۱- فضای تشعشع.
- ۲- فضای میز کار.
- ۳- فضای پس ماند رادیواکتیو.
- ۴- ثبت اطلاعات و پاسخ اضطراری.

برخی از مهم‌ترین این قواعد شامل موارد ذیل است:

- ۱- فضای تشعشع
 - از مواد رادیواکتیو تنها در فضاهای اختصاص یافته به آنها استفاده کنید.
 - تنها به کارکنان اصلی اجازه حضور دهید.
 - از لوازم حفاظت فردی شامل روپوش‌های آزمایشگاهی، عینک‌های ایمنی و دستکش‌های یک‌بار مصرف استفاده کنید.
 - وضعیت و میزان در معرض تشعشع قرار گرفتن کارکنان را کنترل کنید.
- در آزمایشگاه‌هایی که رادیونوکلئیدها استفاده می‌شوند می‌بایست به جهت سادگی محتوی، تمیز نمودن و مستندسازی طراحی شوند. فضای کار با رادیونوکلئید می‌بایست اطاق کوچکی همجوار با آزمایشگاه اصلی یا در یک محوطه اختصاصی در آزمایشگاه به دور از سایر فعالیت‌ها باشد. علائم بین‌المللی که نشان‌دهنده خطر تشعشع می‌باشند می‌بایست در ورودی فضای تشعشع چسبانده شود.

۲- فضای میز کار

- از سینی‌های ریختن مواد که با مواد جاذب یک‌بار مصرف پوشیده شده است، استفاده نمایید.

- مقادیر رادیونوکلئید را محدود کنید.
- منابع تشعشع را در محوطه‌های تشعشع، میز کار و پس ماند رادیواکتیو بپوشانید.
- ظروف دارای تشعشع را با نشانه تشعشع شامل اطلاعات هویت رادیونوکلئید، میزان فعالیت و تاریخ سنجش، علامت‌گذاری نمایید.
- از لوازم اندازه‌گیری تشعشع برای کنترل فضاهاى کار و البسه محافظ و دست‌ها پس از اتمام کار استفاده نمایید.
- از ظروف حمل و نقل که به‌نحو مقتضی پوشش‌دار می‌باشند، استفاده نمایید.

۳- فضای پسماند رادیواکتیو

- پسماند رادیواکتیو را پی‌درپی از فضای کار دور نمایید.
- ثبت صحیح مواد رادیواکتیو مصرفی و به دور ریخته شده را کنترل نمایید.
- ثبت اندازه‌گیری مقادیر اشعه در مواردی با دوز فراتر از حد را مشخص نمایید.
- برنامه‌های تمرین منظم عکس‌العمل اضطراری را ایجاد نمایید.
- در موارد اضطراری، نخست کارکنان آسیب دیده را همراهی نمایید.
- فضاهای آلوده را به‌طور کامل پاک‌سازی نمایید.
- در صورت امکان از دفتر حراست درخواست همکاری نمایید.
- گزارشات حادثه را نوشته و نگه‌داری نمایید.

فصل نهم

ایمنی کار با نانومواد

در طی سال‌های گذشته نانومواد مواد توسط جامعه علمی مورد استقبال فراوانی قرار گرفته است. نانومواد، موادی هستند که حداقل یک بعد آنها در محدوده ۱ تا ۱۰۰ نانومتر واقع شود. دلیل استقبال فراوان از این مواد ویژگی‌های منحصر به فرد آنها است. این ویژگی‌ها عبارتند از: اندازه ذرات، شکل، بزرگی سطح، بار، ویژگی‌های شیمیایی، حلالیت، توانایی تولید اکسیدانت‌ها و میزان آگلومرشدن. این ویژگی‌ها در نحوه میانکنش آنها با سیستم‌های بیولوژیک نیز تعیین کننده است. اگرچه مطالعات و تحقیقات نشان می‌دهد که نانومواد می‌توانند خطرناک باشند ولی خطرات آنها هنوز کاملاً شناخته شده نیست. علی‌رغم حجم عظیم سرمایه‌گذاری در حوزه نانو تکنولوژی، تاکنون فقط بخش کوچکی به مطالعات سمیت نانومواد اختصاص داده شده است. فقدان اطلاعات کافی از یک سو و افزایش میزان تولید نانومواد و همچنین توسعه تنوع نانومواد و به وجود آوردن نانومواد جدید و تغییر یافته با ویژگی‌های برهمکنشی جدید با سلول و بافت‌های زنده از سوی دیگر، شرایط را سخت‌تر و جدی‌تر می‌کند.

علاوه بر این بخش عمده مطالعات و تحقیقات ایمنی نانومواد، متمرکز بر مطالعات سمیت کوتاه مدت آنها بر کشت‌های سلولی است و مطالعات معدودی درباره اثرات درازمدت نانومواد بر موجودات زنده و محیط زیست وجود دارد. برخی عواملی که می‌تواند فرد را در معرض نانومواد قرار دهد عبارتند از:

- ۱- کار با نانومواد در حالت مایع بدون استفاده از لوازم حفاظت شخصی مناسب مثلاً دستکش.
- ۲- کار با نانومواد در حالت مایع و در طی ریختن، مخلوط کردن یا هنگام لرزش و تکان‌های شدید مایع حاوی نانومواد
- ۳- تولید نانومواد در فاز گازی در سیستم‌های غیر بسته
- ۴- دست‌ورزی مانند وزن کردن، مخلوط کردن، اسپری کردن پودرها
- ۵- تعمیر و نگهداری دستگاههایی که برای تولید نانومواد استفاده می‌شوند.
- ۶- پاک کردن و نظافت فضاهای کار با نانومواد و نیز دفع زباله‌ها
- ۷- انجام فعالیت‌های مکانیکی بر روی نانومواد که باعث تولید اثر و سل‌های نانو مواد می‌شود.

اثرات زیست محیطی

در طی چرخه عمر نانومواد، از تولید اولیه تا به کارگیری و دفع نهایی، مواقعی وجود دارد که نانومواد به طبیعت وارد و با آن میانکنش می‌دهند. این مواد به خاطر اندازه، شیمی و ترکیبات زیست تجزیه ناپذیری که دارند، و اینکه بسیاری از آنها به گونه‌ای طراحی و مهندسی شده‌اند تا پایدار و واکنش ناپذیر باشند به سرعت می‌توانند در طبیعت پخش شده و در موجودات زنده تجمع یابند و باعث اختلال در اکوسیستم‌ها شوند. در حقیقت غلظت نانومواد در این موجودات چندین برابر غلظت آن ماده در محیط اطراف می‌باشد که به نوبه خود می‌تواند اثرات سمی نانومواد را تشدید کند. و لذا بررسی احتمال و راه‌های ورود این مواد به طبیعت بسیار حائز اهمیت است. نتایج برخی آزمایشات نشان می‌دهد که فولرن‌ها برای باکتری‌ها، آبیان سمی هستند. البته ممکن است بقایای حلال‌های آلی قطبی که برای سنتز فولرن‌ها استفاده می‌شود، عامل اصلی این سمیت باشد. در حقیقت ما نیازمند مطالعات بیشتری هستیم تا بتوانیم درباره سرنوشت نانومواد در طبیعت اظهار نظر نماییم. مسئله دیگر، توانایی محدود ما در تشخیص نانومواد وارد شده به طبیعت است. هنگامی که

نانومواد وارد طبیعت می شود، توان ما در تشخیص آن به شدت محدود می شود. تشخیص نانومواد در نمونه های خاک، آب و یا هوا بسیار مشکل است. به ویژه تشخیص نانوذرات برپایه کربن، بسیار مشکل است، زیرا تشخیص یک نوع کربن از سایر انواع آن تقریباً غیرممکن است.

در مجموع می توان گفت در حال حاضر، مطالعات محدود تجربی و حرفه ای (مطالعه افراد در معرض نانومواد به دلیل نوع شغل) پیشنهاد می کند که ریه، سیستم گوارش و پوست سدهای مهمی در برابر نفوذ نانو مواد و انتقال سیستمیک آن به سایر اندام ها هستند. اگرچه نیاز به مطالعات و تحقیقات بیشتر درباره مسیرهای ورود و انتقال نانومواد وجود دارد. نکته مهم درباره نانومواد این است که میزان خطرات نانومواد را می توان تغییر داد. در بسیاری از مطالعات انجام شده تاکنون، رابطه ای بین ویژگی های نانوماده و نوع اثرات و خطرات آن مشاهده شده است و لذا این قابلیت تنظیم می تواند در راستای زیست سازگار و ایمن بودن نانومواد مهندسی شونده به کار برده شود. با این وجود به منظور کنترل تماس با نانومواد باید مواردی را در سطوح مختلف رعایت کرد که به اختصار به آن اشاره می شود.

نکات و اقدامات مهم ایمنی در کار با نانومواد: کنترل مهندسی و حفاظت شخصی

- طراحی محیط کار باید به گونه ای باشد که نانومواد توسط لباس کاربر یا سایر وسایل به خارج از فضای کار آورده نشود. مثلاً با به کارگیری پادری های ویژه، فضای بافر (فضایی که در بین آزمایشگاه و محیط خارج واقع می شود به طوریکه برای ورود به آزمایشگاه و خروج از آن باید از این فضا عبور کرد) و نیز فراهم آوردن وسایل و امکانات آلوده زدایی برای کارکنان مانند امکانات شستشوی بدن و تعویض لباس.

- کلیه کارهایی که باعث تولید نانوذرات می شوند باید در فضایی انجام شود که نسبت به فضای که کاربر در آن تنفس می کند در وضعیت فشار منفی باشد. فیلترهای HEPA می تواند ذراتی به کوچکی تا ۲ نانومتر را به خوبی از هوا حذف نمایند ولی در مورد ذرات کوچکتر از این حد عملکرد این فیلترها به شدت کاهش می یابد.

- از پخش و منتشر کردن نانوذرات در محیط پرهیز نمایید. تمام دست ورزی ها را در زیر هودهای شیمیایی و یا سایر سیستم های تهویه مناسب انجام دهید. در صورت امکان این نانوذرات را از هوای خروجی سیستم تهویه نیز (قبل از ورود آنها به محیط خارج) پاک کنید.

- برای کار از هودهای لامینار افقی استفاده نکنید. در این هودها جریان هوای فیلتر شده به سمت صورت کاربر است. چنانچه از هودهای بیولوژیک نوع دو برای کار با نانومواد استفاده می کنید امروز این هودها را مستقیماً به فضای خارج متصل نمایید.

حتی هوای فیلتر شده نباید در آزمایشگاه چرخش داشته باشد.

- به طور منظم کارایی فیلترهای HEPA و سیستم های تهویه را کنترل نمایید.

- پاک کردن فضای کار در پایان هر شیفت کاری با استفاده از دستگاههای مکنده مجهز به فیلترهای HEPA و یا با روش پاک کردن با دستمالهای مرطوب ضروری است.

- نانومواد پخش شونده را داخل ظرفهای کاملاً در بسته نگهداری کنید.

- جابه جایی نانومواد بین پایگاههای مختلف کاری مثلاً بین هود و کوره و یا غیره باید در ظروف در بسته انجام شود.

- علائم هشداردهنده شامل خطرات، لوازم حفاظت شخصی مورد نیاز، کنترل مدیریتی مورد نیاز در محل های ورودی مکان های کار با نانومواد قابل انتشار باید نصب شود. مکان مختص کار با نانومواد ممکن است کل یک آزمایشگاه یا یک هود و یا یک فضای کوچک مثل جعبه های دستکش دار باشد.
- ظروف حاوی نانوذرات را حتماً با تأکید بر ماهیت نانوذره ای بودن آن برچسب بزنید مثلاً نانوذرات اکسید روی به جای اکسید روی
- کاربر باید از خطرات نانوماده ای که با آن کار می کند و حتی پیش سازهای آن و محصولات نهایی حاصل از واکنش با آن به طور کامل آگاه باشد.
- با پوشیدن لوازم حفاظت شخصی، تماس پوستی با این مواد را به حداقل برسانید.
- در هنگام کار با نانومواد از کفش های جلو بسته که از مواد نفوذناپذیر ساخته شده است استفاده کنید.
- ممکن است لازم باشد از پوشش های یکبار مصرف کفش استفاده نمایید تا نانومواد را با کفش به خارج از آزمایشگاه نبرید.
- روپوش آزمایشگاه آستین بلند بپوشید و از دستکش های نیتریل استفاده کنید. قبل از کار مطمئن شوید که دستکش مورد استفاده در برابر نانوذرات و مایعی که نانوذرات در آن معلق شده است مقاوم می باشد.
- دستکش ها را مرتباً تعویض نمایید تا احتمال تماس با نانوذرات را به حداقل برسانید.
- دستکشهای آلوده را تا زمان دفع در یک کیسه پلاستیکی و در زیر هود نگهداری کنید.
- پس از پایان کار دست ها را تا بازو شست و شو دهید.
- برحسب نوع نانوماده موردنظر از وسایل حفاظت شخصی مناسب برای حفاظت از چشم ها استفاده نمایید.
- از ذخیره سازی و مصرف مواد غذایی و آشامیدنی در محل کار پرهیز کنید.

پوشش های حفاظت شخصی

در حال حاضر هیچ خطوط راهنمایی براساس داده های علمی که مورد پذیرش عمومی قرار گرفته باشد در مورد پوشش های محافظ در برابر نانومواد وجود ندارد و این به علت فقدان اطلاعات کافی درباره کارایی پوشش های حفاظتی موجود در محافظت از فرد در برابر تماس با نانومواد است. مطالعات نشان می دهد که نانوذرات توانایی عبور از لباس را دارند. میزان عبور نانوذرات بستگی به جنس الیاف و نیز اندازه نانوذرات دارد. در هر صورت، اگرچه نانوذرات می توانند از اپیدرم عبور کنند. شواهد بسیار کمی دال بر بیماریزایی نانوذرات نفوذ کننده به داخل پوست وجود دارد. با وجودیکه در اکثر مراکز تولید ذرات و آزمایشگاههایی که با نانومواد کار می کنند افراد از روپوش و دستکش استفاده می کنند، این کار اصولاً بر اثر مقررات کلی بهداشت کار در آزمایشگاه است و نه براساس یافته های علمی ویژه کار با نانومواد.

ماسکهای تنفسی

شواهد علمی نشان می دهد که نانوذرات می توانند از لحاظ بیولوژیک به مراتب فعال تر از ذرات بزرگتر از همان جنس باشند و بنابراین احتمال تهدید سلامتی توسط آنها جدی تر است.

در حال حاضر انواعی از ماسکهای تنفسی وجود دارد که سطوح مختلف حفاظت را فراهم می آورند.

تمیز کردن فضای کار و دفع زباله های حاوی نانومواد

هیچ دستورالعمل ویژه ای در حال حاضر برای تمیز کردن آلودگی های محیط با نانومواد و دفع زباله ها وجود ندارد. روشهایی که اکنون استفاده می شود همان روشهایی است که در سایر موارد آلودگی ها به طور کلی به کار گرفته می شود. در حال حاضر روشهای استاندارد برای پاک کردن آلودگی های پودری، شامل استفاده از دستگاههای مکنده مجهز به فیلترهای HEPA و یا پاک کردن سطح با دستمال های مرطوب و یا مرطوب کردن پودر قبل از جمع آوری با ماشین مکنده است. دستمال های استفاده شده باید به طور صحیح دفع شوند. پاک کردن به صورت خشک و یا با استفاده از جریان هوای فشرده به دلیل پراکنده کردن نانوذرات به هیچ وجه مناسب نمی باشد.

منابع:

- 1- Laboratory Biosafety Manual, 3rd edition, World Health Organization, 2004.
- 2- Undergraduate Safety Manual, Queen's University, Canada, 2007.
- 3- Safe work practices and procedures, Princeton University, New Jersey, USA
- 4- Biosafety Manual, Mcgill University, Canada.
- 5- Biological Laboratory Safety Manual, University of Cincinnati, USA.
- 6- Laboratory Waste Management Guide, as part of Local Hazardous Waste Management Program, King County, Washington, USA.
- 7- Risk Assessment for Hazardous Chemicals, Imperial College of London, 2008.
- 8- Biosafety Guidelines, Tarbiat Modares University, 2013.
- 9- Approaches to Safe Nanotechnology, Managing the Health and Safety Concerns Associated with Engineered Nanomaterials, 2009, DHHS (NIOSH) Publication No. 2009-125.

پیوست

فهرست مواد شیمیایی و هشدارها

فهرست مواد شیمیایی و هشدارها

ماده شیمیایی	خواص فیزیکی	خطر سلامتی	خطر آتش سوزی	هشدارهای ایمنی	ماده شیمیایی ناسازگار	خطرهای دیگر
استالیدید CH_3CHO	مایع بی‌رنگ یا گاز با بوی تند میوه. نقطه ذوب: $9\text{C} - 121$ نقطه جوش: 21C	تحریک ملایم چشم و دستگاه تنفسی اثر بر روی سیستم اعصاب مرکزی، دستگاه تنفسی و کلیه‌ها. سرطان‌زای احتمالی	بسیار شعله‌ور شونده، مخلوط بخار آن و هوا منفجر شونده است. نقطه اشتعال: $9\text{C} - 39$	از اشعه، جرقه، بدون سیگار و تماس با سطوح داغ خودداری کنید. در ظرف‌های کامل به دور از اکسید کننده‌ها نگهداری شود، در محفظه‌های یا مجرای تخلیه و تهویه مناسب استفاده شود. دستکش لاستیکی، چشم‌بندهای محافظ و از ماسک تنفسی استفاده نمایید.	با هوا پراکسیدهای منفجر شونده ایجاد می‌کند. ممکن است با اسید یا قلیا در حضور فلزهای نایاب پلیمر ایجاد نماید. یک احیاء کننده قوی است، بسیار شدید با اکسید کننده‌ها واکنش می‌دهد، با مواد آلی مختلف، هالوژن‌ها، اسید سولفوریک و آمین‌ها واکنش می‌دهد.	
اسید استیک $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$	مایع بی‌رنگ با بوی تند نقطه ذوب: 17C نقطه جوش: 118C حل شونده با آب.	خورنده؛ باعث سوختگی شدید می‌شود، بخار آن محرک است. اثر آن ممکن است تاخیری باشد.	قابل اشتعال؛ نقطه اشتعال: $9\text{C} 40$ محدوده اشتعال: $5/4 - 16\%$	بخار آن را تنفس نکنید. در حالت تماس با چشم بلافاصله با آب بشویید و تحت مراقبت پزشکی قرار بگیرید. دستکش‌های نیتریل و محافظ چشم داشته باشید.	واکنش شدید یا منفجر شونده با اکسید کننده‌ها.	
ایتیدید استیک $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$	مایع بی‌رنگ با بوی تند قوی، شبیه بوی سرکه نقطه ذوب: $9\text{C} - 73$ نقطه ذوب: $9\text{C} 139$	تحریک شدید چشم‌ها با تحریک دستگاه تنفسی فوقانی، عمل خوندگی، تاثیر آن ممکن است تاخیری باشد.	قابل اشتعال، در آتش ایجاد گازهای محرک یا سمی می‌کند، نقطه اشتعال: $9\text{C} 49$ محدود انفجار، $2/7 - 10/3\%$	بدون شعله باز، بدون جرقه، بدون سیگار کشیدن. از تماس با پوست و چشم خودداری شود.	با آب جوش، بخار، اکسیدکننده‌های قوی، الکل‌ها آمین‌ها، بازهای قوی و دیگر ترکیبات واکنش شدید می‌دهد. بسیاری از فلزها را در حضور آب مورد حمله قرار می‌دهد.	
استون CH_3COCH_3	مایع بی‌رنگ فرار با بوی شیرین نقطه ذوب: $9\text{C} - 95$ نقطه ذوب: $9\text{C} 82$ محلول در آب	تحریک مختصر چشم، بینی و گلو. تنفس آن ممکن است باعث گیجی، بی‌حس و خواب‌آلودگی و کوما شود	بسیار مشتعل شونده، نقطه اشتعال: $9\text{C} - 18$ و محدوده انفجار: $2/2 - 12/8\%$	ظرف آن را در مکان با تهویه خوب نگاهدارید، از منبع جرقه دورنگه داشته شود. بخار آن تنفس نشود. از محافظ تنفسی استفاده شود، از محافظ چشم استفاده شود.	با اکسیدکننده‌ها (مانند اسید کرومیک و اسید نیتریک) و کلروفرم در حضور قلیا واکنش شدید می‌دهد. ناسازگار با اسید سولفوریک غلیظ و مخلوط‌های اسید نیتریک است.	ظرف‌های بزرگ و مخازن باید اتصال زمین داشته باشند تا از ایجاد الکتریسته ساکن جلوگیری شود.
استونیتریل CH_3CN	مایع بی‌رنگ فرار با بوی آروماتیک: نقطه ذوب: $9\text{C} - 46$ نقطه جوش: $9\text{C} 82$	تحریک تنفس، چشم، پوست، تماس ممکن است باعث تشنج و عدم هوشیاری و مسمومیت با سیانید شود.	بسیار قابل اشتعال، نقطه اشتعال: $9\text{C} - 18$ و محدوده انفجار: $3 - 16\%$	از شعله باز، جرقه، سیگار کشیدن و تماس با اکسیدکننده‌ها خودداری شود. فقط در محل‌هایی که مشاخرقه وجود ندارد استفاده شود. در ظرف‌های کامل در بسته به دور از اکسید کننده‌ها نگهداری شود. با تهویه دارای خروجی هوا کار شود. از محافظ‌های تنفسی و دستکش استفاده نمایید.	با اسیدها و بازهای آبی واکنش می‌دهد و ایجاد بخارهای سمی می‌نماید. با اکسیدکننده‌های قوی واکنش می‌دهد. بعضی از انواع پلاستیک، لاستیک و پوشش‌ها را مورد حمله قرار می‌دهد. با سوختن شکسته می‌شود و ایجاد سیانید هیدروژن و اکسید نیتروژن می‌نماید	
استیلن $\text{HC}=\text{CH}$	گاز بی‌رنگ با بوی خفیف اثر یا سیر، تحت فشار حمل و نقل می‌شود، در استون حل	خفه‌کننده ساده، در محل تماس ایجاد سرمازدگی می‌کند.	بسیار شدید قابل اشتعال، محدوده اشتعال :	برای محافظت پوست از دستکش‌های مقاوم به سرما و از محافظ‌های چشم یا ماسک صورت استفاده کنید. از شعله باز، جرقه، سیگار کشیدن خودداری کنید. با تهویه دارای خروجی در محل و وسایل	عامل احیا کننده قوی است، با اکسیدکننده‌ها و فلورین و کلرین در روشنایی به شدت واکنش می‌دهد. با مس، نقره و جیوه و نمک‌های آنها ایجاد ترکیب‌های حساس به	

ماده شیمیایی	خواص فیزیکی	خطر سلامتی	خطر آتش سوزی	هشدارهای ایمنی	ماده شیمیایی ناسازگار	خطرهای دیگر
	می‌گردد، نقطه ذوب: ۸۱ °C- نقطه تصعید: ۸۴ °C-		۱۰۰-۲/۵٪ محدوده انفجار: ۲/۸-۳۱٪	برقی و روشنایی مقاوم در برابر انفجار کار نمایید.	ضربه می‌نماید.	
اکرولئین <chem>CH2=CHCHO</chem>	مایع بی‌رنگ یا زرد با بوی نافذ و ناراحت کننده، نقطه ذوب: ۸۷ °C- نقطه جوش: ۵۳ °C	اشک‌آور، تحریک شدید تنفسی، ادم ریه در سطوح بالای تماس، تأثیر آن ممکن است تاخیری باشد.	بسیار قابل اشتعال، نقطه اشتعال: ۲۶ °C- محدوده انفجار: ۲/۸-۳۱٪	از تماس با پوست و چشم خودداری شود. در هودهای شیمیایی با تهویه خوب کار شود.	اکسیدکننده‌ها، اسیدها، قلیاها، آمونیاک و آمین‌ها، به‌سادگی پلیمریزه می‌شود مگر اینکه با هیدروکوبینون مهار گردد. ممکن است پراکسیدهای حساس به ضربه در طول زمان ایجاد نماید.	
محلول‌های آمونیاک	مایع بی‌رنگ با بوی زنده، برای گاز: نقطه ذوب: ۷۸ °C- نقطه ذوب: ۳۳ °C- برای محلول ۲۵٪: نقطه ذوب: ۵۸ °C- نقطه جوش: ۳۸ °C محلول در آب	خوردنده برای چشم، دستگاه تنفس و پوست و در زمان خوردن، ادم ریوی در تماس زیاد با گاز یا بخار آن.	به‌صورت گاز آمونیاک، محدوده اشتعال: ۱۵-۲۸٪	ظرف آن کامل بسته باشد. در مواقع تماس با چشم سریع با آب بشویید و تحت مراقبت بالینی قرار بگیرید. در هودهای شیمیایی کار کنید. دستکش‌های لاستیکی یا پلاستیکی دست کنید و از محافظ‌های چشم با درجه شیمیایی استفاده نمایید.	به شدت با فلزهای سنگین مانند جیوه و نمک‌های آن واکنش می‌دهد و ایجاد ترکیب‌های انفجاری می‌کند.	
آنیلین <chem>C6H5NH2</chem>	مایع بی‌رنگ تا قهوه‌ای با بوی شبیه آمین‌های آروماتیک، نقطه ذوب: ۶ °C- نقطه جوش: ۱۸۵ °C	سیانوز به علت متهموگلوبینمی تحریک چشم و پوست. ممکن است از راه پوست جذب شود، تماس طولانی یا مکرر ممکن است باعث حساسیت شود.	شعله‌ور شوند، نقطه اشتعال: ۷۰ °C محدود انفجار : ۱۱-۱۲٪	در ظرف‌های کامل بسته و دور از اکسید کننده‌ها نگهداری شود. از تماس با چشم و پوست خودداری شود. با تهویه دارای خروجی در محل یا محافظ‌های تنفسی، دستکش‌های محافظ، پوشش‌های محافظ و محافظ‌های صورت کار شود.	اکسید کننده‌های قوی، اسیدهای قوی.	
اورامین ۴،۴-کاربونو- امیدویل بیس (N,N) - دی‌متیل بنزامین)	پودر یا فلس‌های زرد، نقطه ذوب: ۱۳۶ °C، نامحلول در آب	آسیب رسان از راه خوراکی، تنفسی و تماس پوستی، ممکن است باعث تحریک چشم یا پوست شود. سرطانزای احتمالی		از تماس پوستی و تنفس غبار آن خودداری شود. دستکش‌های لاستیکی یا پلاستیکی دست کنید و از محافظ‌های چشم با درجه شیمیایی استفاده نمایید.	عوامل اکسید کننده قوی	
بنزن <chem>C6H6</chem>	مایع بی‌رنگ فرار با بوی ویژه آروماتیک نقطه ذوب: ۶ °C نقطه جوش: ۸۰ °C	تنفس بخار آن با اثر بر روی سیستم اعصاب مرکزی باعث سرگیجه و سردرد می‌شود، در غلظت‌های بالا باعث عدم هشیاری و مرگ می‌شود. در تماس‌های طولانی یا مزمن خطر کم خونی آپلاستیکی،	بسیار قابل اشتعال: نقطه اشتعال: ۱۱ °C-	ظرف‌ها را در محل‌های با تهویه خوب و به دور از منبع جرقه نگهداری نمایید. در هودهای با تهویه کافی کار شود. با محافظ چشم و دستکش‌های نیتریل یا PVC کار شود. با اتصال به زمین از ایجاد بار الکتریکی جلوگیری نمایید.	با اکسیدکننده‌ها مانند اسید کرومیک، پتاسیم پرمگنات و اکسیژن مایع به شدت واکنش می‌دهد.	

ماده شیمیایی	خواص فیزیکی	خطر سلامتی	خطر آتش سوزی	هشدارهای ایمنی	ماده شیمیایی ناسازگار	خطرهای دیگر
		لموکی، آسیب‌پذیری وجود دارد. ممکن است از راه پوست جلب شود.	محدوده اشتعال: ۱/۳-۸٪			
بنزیدین ۱،۱ - بی‌فنیل - ۴،۴ - دی‌آمین	پودر زرد کم‌رنگ، نقطه ذوب: ۱۲۸ °C نقطه ذوب: ۴۰۰ °C کمی در آب محلول و بسیار محلول در اسیدها و حلال‌های عالی /	ممکن است از راه پوست جلب شود. ممکن است سرطان‌مانند ایجاد کند. از هرگونه تماس خودداری شود.	سوختنی است، در زمان سوختن ایجاد گازهای سمی می‌کند.	از هرگونه تماس خودداری شود. از محافظ‌های پوست و چشم استفاده شود. در هودهای شیمیایی با تهویه دارای خروجی کار شود.	استفاده در بسیاری از کشورها ممنوع یا از نظر قانونی کنترل شده می‌باشد.	
برم Br ₂	مایع قهوه‌ای - قرمز بخار شونده با بوی زننده : نقطه ذوب: ۷/۲ °C - نقطه جوش: ۵۸/۸ °C	خورنده، بخار آن خورنده برای چشم و دستگاه تنفسی است، تنفس آن باعث ادم ریه و اثر بر سیستم اعصاب مرکزی می‌گردد. تماس با چشم باعث تاری دید، قرمزی، درد و سوزش شدید بافت می‌گردد.	قابل اشتعال نیست اما باعث تسهیل شعله‌وری دیگر مواد می‌شود. بسیاری از واکنش‌ها ممکن است باعث آتش‌سوزی و انفجار گردد. حرارت ممکن است باعث بالا رفتن فشار با خطر سوختگی شود.	در مجموعه‌های بسته با تهویه استفاده شود. از پوشش‌ها و دستکش‌های محافظ، چشم‌بندهای محافظ، پوشاننده‌های صورت با محافظ‌های چشم همراه با محافظ تنفسی استفاده نمایید.	اکسیدکننده قوی است، یا مواد سوختنی و احیاء کننده شدید واکنش می‌دهد. با آمونیاک مایع، اکسیدکننده‌ها، فلزها ترکیب‌های عالی و فسفر واکنش شدید می‌دهد.	بعضی از اشکال پلاستیک و لاستیک و پوشاننده‌ها را مورد حمله قرار می‌دهد.
دی‌اکسید کربن (جامد، یخ، خشک) CO ₂	سفید شفاف و جامد در ۷۹ °C - ، در دمای معمولی به گاز تصعید می‌شود.	خطر خفگی در مکان‌های بسته یا با تهویه بد، تماس با یخ خشک باعث اثر سرمازدگی می‌شود.		از دستکش‌های محافظ عایق‌دار استفاده شود، در ظرف‌های باز فقط در اتاق‌های با تهویه نگهداری شود.	فلزهای قلیایی، بازهای قوی.	
تتراکلرایدکربن CCl ₄	مایع بی‌رنگ با بوی خاص شبیه اثر، نقطه ذوب: ۲۳ °C - نقطه جوش: ۷۶/۵ °C	ممکن است از راه پوست جذب گردد. در تماس طولانی ممکن است ایجاد درماتیت نماید. تحریک چشم. ممکن است باعث به کبد کلیه و سیستم اعصاب مرکزی با ایجاد سردرد، تهوع، یرقان خفیف، بی‌اشتهایی و خواب‌آلودگی گردد. یک سرطان‌زای حیوانی است.	سوختنی نیست. در آتش ایجاد گازها و بخارهای محرک یا سمی می‌کند.	از هرگونه تماس خودداری شود. با تهویه، تخلیه‌کننده هوا یا محافظ‌های تنفسی کار کنید، از دستکش‌های نیتریل و پوشش‌های محافظ، پوشاننده‌های صورت یا چشم همراه با محافظ‌های تنفسی استفاده شود.	در تماس با سطوح داغ یا شعله، تخریب شده و ایجاد بخار و گازهای خورنده می‌کند (کلرید هیدروژن، فسژن). با بعضی از فلزها مانند آلومینیوم، منیزیم و روی واکنش می‌دهد.	
کلر Cl ₂	گاز سبز زرد با بوی زننده نقطه ذوب: ۱۰۱ °C - نقطه جوش: ۳۴ °C -	خورنده برای چشم، پوست و دستگاه تنفسی. تنفس آن ممکن است باعث پنومونی و ادم ریه شود و ایجاد سندرم ناکارایی واکنشی راه‌های هوایی شود (RADS). تبخیر سریع مایع آن ممکن است باعث اثر سرمایی شود. تماس شدید ممکن است باعث مرگ گردد. آثار آن ممکن است تاخیری باشد، معاینه بالینی مورد نیاز است.	سوختنی نیست اما ممکن است تسهیل در سوختن دیگر مواد نماید	در محیط‌های بسته با تهویه کار شود. از دستکش‌های محافظ سرمایی، پوشش‌ها حفاظتی و محافظت‌های چشم همراه با محافظ تنفسی استفاده شود.	محلول آبی آن اسید بسیار قوی است، یا بازها و بسیاری از ترکیب‌های عالی، استیلن، بوتادین، بنزن و دیگر مشتقات نفتی، آمونیاک، هیدروژن، سدیم کاربید، ترپنتین و خرده فلزها شدید واکنش داده باعث خطر آتش‌سوزی و انفجار می‌گردد.	به بسیاری از فلزها حمله می‌کند. به پلاستیک، لاستیک، پوشاننده‌ها حمله می‌کند.
دی‌اکسید کلر	گاز زرد تا قرمز یا مایع	تحریک شدید چشم، پوست و دستگاه تنفس، تنفس گاز آن	سوختنی نیست اما سوختن دیگر مواد را	در محیط‌های بسته با تهویه کار شود. از پوشش‌ها و دستکش‌های محافظ،	اکسیدکننده قوی است، با مواد مشتعل شونده و احیاء کننده‌ها به	

ماده شیمیایی	خواص فیزیکی	خطر سلامتی	خطر آتش سوزی	هشدارهای ایمنی	ماده شیمیایی ناسازگار	خطرهای دیگر
ClO ₂	قهوه‌ای - قرمز: نقطه ذوب: ۵۹ °C- نقطه جوش: ۱۰ °C	ممکن است باعث ادم ریه گردد. آثار آن ممکن است تاخیری باشد، معاینه بالینی باید صورت گیرد.	تسهیل می‌کند، ممکن است در اثر حرارت، نور خورشید یا با شوک الکتریکی و جرقه منفجر شود.	پوشاننده‌ها یا محافظ‌های چشم همراه با محافظ تنفسی استفاده شود.	شدت واکنش می‌دهد. باسفر، هیدروکسید پتاسیم، سولفور، آمونیاک، متان، فسفین یا سولفید هیدروژن واکنش شدید می‌دهد.	
کلروفرم CHCl ₃	مایع فرار بی‌رنگ با بوی ویژه نقطه ذوب: ۶۳ °C- نقطه جوش: ۶۱ °C کمی در آب محلول	برای تنفس یا خوردن و تماس پوستی مضر است. ممکن است با تاثیر بر کبد، کلیه و سیستم اعصاب مرکزی باعث سردرد، تهوع، یرقان مختصر، بی‌اشتهایی و خواب آلودگی شود. تماس طولانی یا بلند مدت باعث سرطان در حیوانات می‌شود، ممکن است در انسان نیز سرطان‌زا باشد.		از پوشش محافظ و دستکش‌های نیتریلی و محافظ چشم استفاده نمایید. در هودهای شیمیایی کار کنید.	بازهای قوی، بعضی از فلزات مانند آلومینیوم، منیزیم پودر روی، اکسید کننده‌های قوی.	در اثر حرارت شکسته شده ایجاد فستون می‌کند. به پلاستیک و لاستیک حمله می‌کند
اسید کرمیک CrO ₃ اسید کروم VI	فلس یا پودر قرمز تیره بدون بو در محلول‌های آبی استفاده می‌شود. نقطه ذوب: ۱۹۷ °C	محرک چشم پوست و دستگاه تنفسی، تماس طولانی یا مکرر باعث درماتیت، زخم‌های کرومی و حساسیت پوست می‌شود. تنفس آن ممکن است باعث سوراخ شدن دیواره بینی شود. سرطان‌زای انسانی است.	بالای ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد تخریب شده ایجاد اکسید کروم و اکسیژن نموده و خطر آتش سوزی را افزایش می‌دهد. در بسیاری از واکنش‌ها ایجاد آسیب می‌نماید.	از تماس چشمی و پوستی خودداری گردد، از تنفس ذره‌های بسیار ریز و مه آن خودداری شود. با تهویه و خروجی در محل و محافظ تنفسی کار شود.	محلول آبی آن یک اسید قوی است که با بازها واکنش می‌دهد و خورنده است. اکسید کننده قوی است، با مواد سوختنی، مواد آلی یا مواد اکسید شونده خوب واکنش می‌دهد (کاغذ، چوب، سولفور، آلومینیوم، پلاستیک‌ها و غیره برای فلزها خورنده است.	
مس Cu	جامد، قرمز، بی‌بو، براق، تورق پذیر، پودر قرمز در معرض هوای مرطوب سبز می‌شود. نقطه ذوب: ۱۰۸۳ °C نقطه جوش: ۲۵۶۷ °C	تنفس بخار مس ممکن است باعث تب بخار فلز گردد.	قابل سوختن	در محل با خروجی هوا یا محافظ تنفسی، دستکش‌های محافظ و پوشاننده‌های چشم کار شود.	با ترکیب‌های استیلی، اکسید اتیلن، آزایدها و پراکسید هیدروژن ایجاد مواد حساس به ضربه می‌نماید. با اکسید کننده‌های قوی مانند کلرات‌ها، برومیدها و یدیدها ایجاد خطر انفجار می‌کند.	
برمید سیانوزن BrCN	کریستال‌های بی‌رنگ یا سفید با بوی زننده، نقطه ذوب: ۵۲ °C نقطه جوش: ۶۱ °C	آثار شدید تنفسی، چشمی و پوستی، تنفس بخار آن ممکن است باعث تورم ریه و تنج، عدم هوشیاری، از کارافتادن تنفس و مرگ شود.	نمی‌سوزد اما در اثر حرارت گازهای قابل اشتعال ایجاد می‌نماید. در آتش ایجاد گازهای محرک یا سمی می‌نماید.	در محیط‌های بسته با تهویه کار شود. از دستکش‌ها و لباس‌های محافظ، پوشاننده‌ها یا محافظ‌های چشم و دستگاه تنفسی استفاده شود.	با حرارت تخریب شده و در تماس با اسیدها ایجاد سیانید هیدروژن بسیار سمی و قابل اشتعال و هیدروژن برومید خورنده می‌نماید. با اکسید کننده‌های قوی واکنش می‌دهد. با آب و رطوبت به آهستگی واکنش داده و ایجاد سیانید هیدروژن و برومید هیدروژن می‌نماید. در حضور آب به بسیاری از فلزها حمله می‌کند.	
سیتوکالازین (A-I)	پودر سفید، نقطه جوش:	خوردن، تنفس یا جذب آن از پوست سمی است. ممکن است باعث اختلال‌های مادرزادی تشکیل جنین گردد.		از تماس با پوست، چشم و لباس خودداری شود، از چشم‌بند‌های با درجه شیمیایی و دستکش‌های پلاستیکی یا لاستیکی استفاده شود.	عوامل اکسید کننده بسیار قوی.	

ماده شیمیایی	خواص فیزیکی	خطر سلامتی	خطر آتش سوزی	هشدارهای ایمنی	ماده شیمیایی ناسازگار	خطرهای دیگر
	متفاوت					
دی‌اتیل‌اتر $C_2H_5OC_2H_5$	مایع بسیار تبخیر شونده بی‌رنگ با بوی شیرین، نقطه ذوب: $-16^{\circ}C$ نقطه جوش: $34^{\circ}C$ کمی در آب محلول.	تحریک چشم و دستگاه تنفسی نماید. ممکن است با تاثیر بر سیستم اعصاب مرکزی باعث خواب آلودگی و عدم هشیاری گردد. تنفس متوالی ممکن است باعث اعتیاد شود.	بسیار قابل اشتعال، نقطه سختن بخار آن در هوا: $-45^{\circ}C$ محدوده اشتعال: $17-48\%$	ظرف آن را در محل‌های با تهویه خوب نگهداری نمایید، از منبع شعله دور نگه‌داشته شود، ظرف‌های با اتصال زمین تا از تخلیه الکتریسیته ساکن جلوگیری شود. در هودهای شیمیایی کار شود. از دستکش‌های نیتریلی جهت جلوگیری از تخلیه چربی پوست استفاده شود.	تماس با هوا یا نور ممکن است باعث ایجاد پراکسیدهای قابل انفجار نماید. می‌تواند با اکسید کننده‌ها و هالوژن‌ها به شدت ترکیب شود.	
دی‌متیل‌آمین $(CH_3)_2NH$	گاز مایع فرار با بوی زنده: نقطه ذوب: $-93^{\circ}C$ نقطه جوش: $7^{\circ}C$ قابل حل در آب	تحریک شدید چشم و دستگاه تنفسی، تنفس آن ممکن است باعث ادم ریه شود. تبخیر سریع آن ممکن است باعث زخم سرما شود. محلول آن برای چشم و پوست خورنده است.	بسیار قابل اشتعال، نقطه شعله‌وری $-26^{\circ}C$ و محدوده قابل اشتعال $2/8-14\%$ محلول آن بسیار قابل اشتعال است، نقطه اشتعال: $-18^{\circ}C$	از منبع شعله دور نگاه‌داشته شود، در موارد تماس با چشم بلافاصله شسته شود و مشاوره پزشکی انجام گردد. در هودهای شیمیایی انجام شود. از دستکش‌های نیتریلی و محافظ‌های چشم با درجه شیمیایی استفاده شود.	با اکسید کننده‌ها می‌تواند واکنش دهد، جیوه.	
$4,2$ دی‌نیترو-فنیل هیدرازین $C_6H_3(NO_2)_2$ - $NHNH_2$ ۱- هیدرازینو $-2,4$ دی نیترو- بنزن	پودر کریستالی نارنجی - قرمز، نقطه ذوب: $200^{\circ}C$ کمی محلول در آب	تحریک پوست و چشم، خوردن، تنفس و تماس آن با پوست مضر است.	بسیار قابل اشتعال، امکان شعله‌وری از دور، در اثر ریختن، تکان و غیره می‌تواند ایجاد الکتریسته ساکن نماید.	مرطوب نگاه‌داشته شود تا از خطر انفجار کاسته شود. از محافظ تنفسی ضدغبار، دستکش‌های لاستیکی یا پلاستیکی و محافظ‌های چشم با درجه شیمیایی استفاده شود.	با احیاء کننده‌ها و اکسید کننده‌ها شدید واکنش می‌دهد.	
دی‌اکسکان $C_4H_6O_2$ دی اتیلن دی اکسید	مایع بی‌رنگ، با بوی ویژه، نقطه ذوب: $12^{\circ}C$ نقطه جوش: $101^{\circ}C$	تحریک چشم‌ها و دستگاه تنفس ممکن است با اثر بر سیستم اعصاب مرکزی باعث سردرد، تهوع، سرفه، گلودرد، درد شکم، گیجی، خواب آلودگی، تهوع و عدم هوشیاری گردد. ممکن است از راه پوست جذب شود. آسیب به کلیه و کبد. از سرطان‌زاهای احتمالی انسان است.	بسیار قابل اشتعال، امکان شعله‌وری از دور، در اثر ریختن، تکان و غیره می‌تواند ایجاد الکتریسته ساکن نماید.	در محل با تهویه و خروجی هوا کار شود. هیچ تماسی با شعله، جرقه، سیگار و سطوح داغ و اکسید کننده‌های قوی نباید باشد. از هوای فشرده برای پر کردن، تخلیه کردن و یا کار کردن استفاده نشود، از وسایلی که ایجاد جرقه نمی‌کنند استفاده شود. از دستکش‌ها، لباس‌های محافظ از محافظ صورت یا چشم همراه با محافظ تنفسی استفاده شود.	می‌توان ایجاد پراکسیدهای منفجر شونده نماید. با اکسید کننده‌های قوی و اسیدهای غلیظ شدید واکنش می‌دهد. با بعضی از کاتالیز کننده‌ها منفجر می‌شود. به بسیاری از پلاستیک‌ها حمله می‌کند.	
اتانول CH_3CH_2OH	مایع فرار بی‌رنگ با بوی ویژه، نقطه ذوب: $-117^{\circ}C$	خوردن آن مضر است. تحریک چشم، ممکن است بر سیستم اعصاب مرکزی اثر بگذارد.	بسیار شعله‌ور شونده، نقطه اشتعال: $13^{\circ}C$ محدوده اشتعال:	ظرف آن کامل بسته نگاه‌داشته شود، از منبع شعله دور نگاه‌داشته شود.	با اکسید کننده‌های قوی شدید واکنش می‌دهد.	

ماده شیمیایی	خواص فیزیکی	خطر سلامتی	خطر آتش سوزی	هشدارهای ایمنی	ماده شیمیایی ناسازگار	خطرهای دیگر
	نقطه جوش: -۷۹ °C محلول در آب		۱۹-۴٪			
اتانول آمین $H_2NCH_2CH_2OH$ ۲-آمینو-اتانول	مایع غلیظ فرار بی‌رنگ با بوی کم و ویژه، نقطه ذوب: -۱۱۷ °C نقطه جوش: ۱۷۱ °C محلول در آب	خورنده برای چشم، دستگاه تنفس و پوست، ممکن است باعث حساسیت پوست شود.	نقطه اشتعال: ۸۵ °C	از دستکش‌های پلاستیکی یا لاستیکی و محافظ‌های چشم استفاده شود.	با اسید کننده‌های قوی واکنش می‌دهد.	
فرمالدئید محلول (۱۱-۱۴٪) فرمالدئید با ۱۴- ۱۱٪ متانول HCHO	مایع بی‌رنگ با بوی زنده؛ نقطه جوش: ۹۶ °C محلول در آب	تحریک شدید چشم و پوست، تحریک دستگاه تنفس، تماس طولانی مدت ممکن است باعث بروز علائم شبه آسم، التهاب، ملتحمه، لارنژیت، برونشیت یا برونکوپنومونی گردد. در تماس با پوست ممکن است باعث حساسیت شود. احتمال خطر آسیب‌های غیرقابل برگشت سلامت را دارد. سرطان‌زای احتمالی.	نقطه اشتعال: ۵۶ °C	از پوشش‌های محافظ مانند پیش‌بندهای پلاستیکی و دستکش‌های پلاستیکی و لاستیکی و پوشاننده‌های چشم با درجه شیمیایی استفاده شود. در هودهای شیمیایی یا مکان‌های با تهویه خوب انجام کار شود.	با اکسیدکننده‌ها شدید واکنش می‌دهد با نیترومتان ایجاد محصول‌های انفجاری می‌نماید، با اسیدکلریدریک ایجاد سرطان‌زای قوی بیس (کلرومتیل) اتر می‌نماید.	محلول غلیظ فرمالدئید زیر ۲۱ °C کدر می‌گردد و باید در ۲۵-۲۱ °C نگهداری شود. محلول‌های رقیق (۵-۱٪) و محلول‌های با قدرت متوسط (۲۵-۲۵٪) بسیاری از خطرهای نوع غلیظ را حفظ می‌کنند.
گلووتارآلدئید $OHC(CH_2)_3C HO$	محلول بی‌رنگ با بوی کمرنگ یا بوی زنده؛ نقطه ذوب: -۱۴ °C نقطه جوش: ۱۸۹ °C محلول در آب	تحریک شدید چشم و دستگاه تنفس فوقانی؛ تماس تنفسی طولانی یا تماس پوستی ممکن است باعث ایجاد حساسیت نماید.		در هودهای شیمیایی یا محیط‌های با تهویه خوب کار شود. از دستکش‌های پلاستیکی یا لاستیکی و محافظ‌های چشم استفاده شود.	با اکسیدکننده‌ها واکنش شدید می‌دهد.	اغلب به صورت محلول‌های آبی در غلظت‌های مختلف حاوی تثبیت کننده‌ها برای افزایش پایداری نگهداری می‌شود.
اسید هیدروکلریک (۱۰-۳۷٪) HCl کلرید هیدروژن	مایع بخار کننده با بوی زنده؛ نقطه جوش: -۱۴ °C محلول در آب	خورنده برای چشم، دستگاه تنفس و پوست؛ تنفس مکرر بخار آن باعث برونشیت مزمن می‌گردد.		بخار آن را تنفس نکنید؛ از محافظ‌های تنفسی استفاده نمایید. در موارد تماس یا چشم سریع با آب بشویید و مشاوره پزشکی بگیرید؛ در موارد تماس با پوست، سریع با مقادیر زیاد آب بشویید در هودهای شیمیایی کار نمایید. از دستکش‌های لاستیکی و پلاستیکی و محافظ‌های چشم مانند عینک یا محافظ استفاده کنید.	فلزها ایجاد گازهای سمی یا انفجاری می‌نمایند.	
پراکسید هیدروژن H ₂ O ₂	مایع بی‌رنگ؛ نقطه ذوب:	در غلظت بالا (۶۰٪) اگر در تماس طولانی با پوست باشد خورنده است. محلول‌های رقیق تحریک کننده چشم، دستگاه	مواد اکسید کننده؛ در تماس با مواد سوختنی می‌تواند ایجاد اشتعال	در موارد تماس با چشم فوری با مقادیر زیاد آب شسته شود. در غلظت‌های بالاتر از ۲۰٪ از دستکش‌های نیتریلی و محافظ	با مواد شیمیایی مختلفی واکنش می‌دهد از جمله با اسیدها و بازها. به بیشتر فلزها یا نمک آنها، مایع‌های مشتعل شونده و دیگر	با تخریب ایجاد اکسیژن و فشار در ظرف می‌نماید. در تاریکی و سرما

ماده شیمیایی	خواص فیزیکی	خطر سلامتی	خطر آتش سوزی	هشدارهای ایمنی	ماده شیمیایی ناسازگار	خطرهای دیگر
	<p>۳۹°C - (۷۰٪)</p> <p>نقطه جوش:</p> <p>۱۲۵°C (۷۰٪): محلول در آب با غلظت‌های مختلف نگهداری شود.</p>	تنفسی و پوست می‌باشند.	نماید.	چشم استفاده نمایند.	مواد سوختنی (کاغذ، پارچه)، اینیلین و نیترومتان حمله می‌کند.	نگهداری شود. از ظرف‌ها و وسایل فلزی مانند مس، برنز و آهن استفاده نشود.
سولفید هیدروژن H ₂ S	<p>گاز بی‌رنگ با بوی قوی تخم‌مرغ گندیده:</p> <p>نقطه جوش: ۶۰°C -</p> <p>نقطه ذوب: ۸۵°C -</p>	ممکن است با اثر بر سیستم اعصاب مرکزی باعث سردرد، سرفه، گلودرد، تهوع، تنگی نفس، عدم هوشیاری و مرگ شود. تنفس آن ممکن است باعث ادم‌ریه شود. قرمزی، درد، سوزش شدید چشم‌ها.	بسیار شعله‌ور شونده؛ محدوده انفجار: ۴۶-۴/۳٪	در محل با تهویه و خروجی هوا کار شود. از پوشش‌های چشمی یا محافظ‌های چشم همراه با محافظ‌های تنفسی استفاده شود.	اکسید کننده‌های قوی و اسید نیتریک. بسیاری از فلزها و پلاستیک‌ها را مورد حمله قرار می‌دهد.	حس بویایی سریع ضعیف شده و نمی‌توان از آن برای هشدار تماس مداوم استفاده نمود.
ید I ₂	<p>فلس‌های کریستالی آبی-سیاه با بوی ویژه؛</p> <p>نقطه ذوب: ۱۱۴°C</p> <p>نقطه جوش: ۱۸۴°C</p> <p>غیرقابل حل در آب</p>	تحریک چشم‌ها، دستگاه تنفس و پوست. تماس مکرر ممکن است باعث حساسیت شود. ممکن است بر تیروئید اثر داشته باشد.	نمی‌سوزد اما باعث تسهیل سوخت دیگر مواد می‌شود. بسیاری از واکنش‌های آن ممکن است باعث آتش سوزی یا انفجار گردد. در آتش ایجاد گازها یا بخارهای تحریک کننده و یا سمی می‌کند.	بخار آن را تنفس نکنید؛ از تماس با چشم خودداری گردد. از دستکش‌های نیتریلی استفاده نمایید.	با فلزها مانند آلومینیوم، پتاسی و یا مخلوط‌های اتانول-فسفر، استیلین و آمونیاک واکنش شدید می‌هد.	
جیوه Hg (Quicksilver)	<p>مایع نقره‌ای سنگین؛</p> <p>نقطه ذوب:</p> <p>۳۹°C -</p> <p>نقطه جوش:</p> <p>۳۵۷°C -</p> <p>نامحلول در آب.</p>	ممکن است از راه پوست جذب شود. تماس مکرر ممکن است بر کلیه‌ها و سیستم اعصاب مرکزی اثر نماید و ممکن است باعث تهوع، اسهال، سردرد، تورم لثه‌ها و شل شدن دندانها گردد.	سوختنی نیست. در آتش ایجاد بخارهای محرک یا سمی می‌نماید.	در پوش ظرف آن را محکم ببندید. در هودهای شیمیایی یا محل‌های با تهویه خوب کار نمایید. از پخش شدن قطره‌های آن خودداری شود. بسیار بهداشت رعایت شود. دستکش‌های نیتریلی بپوشید.	با استیلین، فولمینیک اسید، با آمونیاک، آزایدها و اکسید اتیلین واکنش داده و ایجاد محصولات انفجاری می‌نماید. با برم به شدت واکنش می‌دهد. با بسیاری از فلزها ایجاد ملقمه (آمالگام) می‌کند.	ظرف‌های آن در زمان استفاده و نگهداری در میزهای جمع‌آوری کننده قطرات باشد؛ قطره‌ها را با پمپ متصل به لوله و بطری جمع‌آوری نمایید؛ مناطق آغشته به قطرات را با پودر روی مجاور کنید تا ایجاد ملقمه گردد.
متانول CH ₃ OH	<p>مایع بی‌رنگ فرار با بوی ویژه؛</p> <p>نقطه ذوب: ۹۸°C -</p> <p>نقطه جوش: ۶۵°C؛</p> <p>محلول در آب</p>	اثر آن بر سیستم اعصاب مرکزی ایجاد عدم هوشیاری می‌کند؛ تحریک غشای مخاطی. تماس مزمن باعث آسیب به شبکه و عصب بینایی می‌گردد. تماس پوستی طولانی مدت ممکن است باعث درماتیت شود. ممکن است از راه پوست جذب شود.	بسیار قابل اشتعال؛	ظرف آن خوب بسته باشد. از منبع شعله دور نگه داشته شود. از تنفس بخار آن و تماس با پوست خودداری شود. در هودهای شیمیایی یا محل‌های با تهویه خوب کار نمایید. از دستکش‌های لاستیکی یا پلاستیکی و محافظ‌های چشم استفاده نمایید.	با اکسیدکننده شدید واکنش می‌دهد. واکنش با منیزیم و برم شدید بوده و با اکسید کننده‌های قوی یا کلروفرم همراه سدیم می‌تواند منفجر شود.	
نفتیل‌آمین (آلفا و بتا) C ₁₀ H ₉ N	<p>کریستال‌های سفید تا صورتی با بوی ویژه؛</p> <p>آلفا - نقطه ذوب:</p> <p>۵۰°C</p>	هر دو نوع بسیار سمی با تنفس، خوردن و تماس پوستی. سرطان‌زای انسانی و ایجاد سرطان مثانه می‌کند. مونازن و تراژون تجربی	سوختنی	از هرگونه تماس جلوگیری شود؛ از پوشش‌های مناسب محافظتی استفاده شود. در هودهای شیمیایی یا هود، یا با تهویه خروجی کار شود.		استفاده از آن در بسیاری از کشورها ممنوع یا تحت کنترل قانونی می‌باشد.

ماده شیمیایی	خواص فیزیکی	خطر سلامتی	خطر آتش سوزی	هشدارهای ایمنی	ماده شیمیایی ناسازگار	خطرهای دیگر
	نقطه جوش: ۳۰۱ °C بتا - نقطه ذوب: ۱۱۳ °C نقطه جوش: ۴۰۶ °C کم محلول در آب اما هیدروکلراید آن محلول در آب است.					
تین هیدروژن C ₉ H ₁₄ O ₄	جامد زرد رنگ، قبل از ذوب شدن در ۹۰ ۲۴۱ تخریب می‌گردد. در قوطی‌های اسپری ذرات معلق (آپوسل) به صورت ۰/۵٪ در بوتانول نگهداری می‌شود؛ محلول در آب	خوردن و تنفس آن مضر است، تحریک چشم دستگاه تنفس و پوست می‌کند. تماس مکرر ممکن است باعث حساسیت پوستی شود.	قابل اشتعال، جامد آن سوختنی است؛ دمای اشتعال: ۳۹ °C	از تنفس اسپری و بخار آن تماس با چشم خودداری شود. دستکش‌های پلاستیکی و لاستیکی و پوشاننده‌های چشم با درجه شیمیایی استفاده شود.		تماس با پوست ایجاد یک رنگ پایدار بنفش می‌کند.
اسید نیتریک (۷۰-۷۵٪) HNO ₃	مایع بی رنگ یا زرد کم‌رنگ بخار کننده؛ نقطه ذوب: ۴۲- °C نقطه جوش: ۱۲۱-۸۳ °C محلول در آب	خورنده؛ سوختگی شدید چشم و پوست، تنفس بخار آن ممکن است باعث ادم ریه شود.	اکسیدکننده است؛ تماس با مواد سوختنی ممکن است باعث ایجاد آتش سوزی شود.	از تنفس بخار آن خودداری شود؛ از محافظه‌های تنفسی استفاده شود. در موارد تماس با چشم سریع با آب بشویید و تحت مراقبت پزشکی قرار بگیرید؛ در موارد تماس با پوست سریع بشویید؛ لباس‌های آلوده را درآورید. از دستکش‌های PVC، پیش‌بند پلاستیکی و پوشاننده‌های چشم با درجه شیمیایی استفاده کنید. در هودهای شیمیایی کار شود.	اسید استیک، اسید کرومیک، اسید هیدروسیانیک، آنیلین، کربن، سولفید هیدروژن، بازها، فلزات و دیگر مواد.	اسید نیتریک غلیظ در خطرناک‌ترین واکنش‌های شیمیایی بیشتر از هر ماده شیمیایی دیگر دخالت دارد.
نیتروبنزن C ₆ H ₅ NO ₂	مایع روغنی زرد کم‌رنگ؛ نقطه ذوب: ۶ °C نقطه جوش: ۲۱۱ °C	متهموگلوبینی با سیانوز، آسیب کبدی؛ علائم شامل لب‌ها یا ناخن‌های آبی، پوست آبی، گیجی، تهوع، ضعف، عدم هوشیاری است. از پوست جذب می‌شود.	سوختنی؛ خطر آتش سوزی و انفجار؛ نقطه اشتعال: ۸۸ °C	باتهویه، خروجی هوا در محل یا محافظ تنفسی کار شود. از دستکش‌ها و لباس‌های محافظ و پوشاننده‌های ایمنی استفاده کنید.	در سوختن ایجاد گازهای خورنده می‌کند مانند اکسیدهای نیتروژن به شدت با اکسید کننده‌های قوی و احیاء کننده‌ها واکنش نشان می‌دهد و ایجاد آتش و انفجار می‌کند. به بسیار از پلاستیک‌ها حمله می‌کند. با بسیاری از مواد عالی و غیرعالی ایجاد مواد منفجر شونده (ناپایدار حرارتی) می‌کند.	
تتراکسید اوسمیوم O ₅ O ₄	کریستال‌های زرد کم رنگ با بوی زننده؛ نقطه ذوب: ۴۰ °C نقطه جوش: ۳۰ °C	تنفس، خوردن و تماس پوست آن بسیار سمی است، ایجاد سوختگی و تحریک می‌کند. بخار، جامد و محلول‌های آن خورنده برای دستگاه تنفس و چشم است. محلول آن باعث تحریک چشم می‌شود و ممکن است پوست را بسوزاند.		محلول آن آمپول باز نشده را در حجم مورد نیاز آب داخل کنید در آن را ببندید و تکان دهید تا آمپول شکسته شود.		

ماده شیمیایی	خواص فیزیکی	خطر سلامتی	خطر آتش سوزی	هشدارهای ایمنی	ماده شیمیایی ناسازگار	خطرهای دیگر
	زیر نقطه جوش متصاعد می‌شود؛ محلول در آب.					
اسیدگازالیک $\text{HO}_2\text{CCO}_2\text{H}$	کریستال بی‌رنگ؛ محلول در آب، نقطه ذوب: 190°C ، تخریب می‌شود.	در تماس با پوست یا خوردن آن مضر است. غبار آن باعث تحریک دستگاه تنفس و چشم می‌شود. محلول‌های آن چشم را تحریک می‌کند و ممکن است باعث سوختن شود.	سوختنی است. در آتش ایجاد گازها یا بخارهای تحریک کننده یا سمی می‌کند.	از تماس با پوست و چشم خودداری شود؛ از دستکش و محافظ‌های چشم استفاده شود.	عوامل اکسیدکننده؛ همچنین نقره و جیوه و دیگر مواد.	
اکسیژن O_2	گاز بی‌رنگ فشرده؛ نقطه ذوب: -218.4°C ، نقطه جوش: -183°C	در غلظت‌های بسیار بالا، تحریک دستگاه تنفسی می‌کند.	سوختنی نیست اما باعث تسهیل سوختن دیگر مواد می‌گردد. حرارت باعث افزایش فشار در ظرف و خطر انفجار می‌گردد.	تماس با شعله، جرقه، سیگار و مواد قابل اشتعال ممنوع.	یک اکسیدکننده قوی است با مواد سوختنی و احیاء کننده‌ها ایجاد آتش و انفجار می‌کند. باروغن‌ها، گریس‌ها، هیدروژن و مایع‌های قابل اشتعال، جامدات و گازها واکنش می‌دهد.	
اسید پرکلریک HClO_4	مایع بی‌رنگ، محلول در آب	خورنده؛ باعث سوختگی شدید چشم و پوست می‌شود و همچنین اگر خورده شود، بخار آن خورنده برای چشم، پوست و دستگاه تنفسی است، تنفس بخار آن ممکن است باعث عدم ریه شود.	ماده اکسیدکننده قوی است. سوختنی نیست اما سوختن دیگر مواد را تسهیل می‌کند.	از تنفس بخار آن و دیگر انواع تماس خودداری شود؛ از لباس‌های محافظ شامل دستکش‌های نیتریلی محافظ چشم و صورت استفاده نمایید. با محلول‌های داغ آن در هودهای شیمیایی یا هود کار کنید.	مواد سوختنی و مواد احیاء کننده؛ اندریک استیک؛ بیسموت و آلیاژهای آن، الکل، فلزها، کاغذ و مواد عالی.	ماده اکسید کننده قوی؛ در تماس با بسیاری از مواد عالی و غیرعالی ممکن است ایجاد محصولات منفجر شونده نماید؛ کف‌های چوبی، میزها و غیره؛ ممکن است با ضربه منفجر شود.
فنل $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$	کریستال‌های بی‌رنگ یا صورتی با بوی ویژه؛ نقطه ذوب: 41°C ، نقطه جوش: 182°C ، محلول در آب	ماده و بخار آن خورنده برای چشم، پوست و دستگاه تنفسی است و ایجاد سوختگی شدید می‌کند؛ از راه پوست جذب می‌شود. اختلالات سیستم اعصاب مرکزی، کوما، آسیب کبد و کلیه علایم شامل دردهای شکمی، تهوع، اسهال، تحریک پوست، درد چشم. تماس طولانی با محلول‌های رقیق ممکن است ایجاد درماتیت کند.	نقطه اشتعال: 80°C ، محدوده اشتعال: $6-117\%$	از تنفس بخار آن خودداری نمایید؛ از محافظ تنفسی استفاده کنید. در هودهای شیمیایی کار کنید. از دستکش‌های نیتریلی و محافظ‌های چشم استفاده کنید. در موارد تماس با چشم سریع با آب بشویید و مشاوره پزشکی بگیرید؛ در موارد تماس با پوست لباس‌های آلوده را درآورید و با پنبه آغشته به گلیسرول، پلی اتیلن گلیکول 300 یا مخلوط پلی اتیلن گلیکول (70%) و الکل متیله (30%) پاک کنید و با آب بشویید.		
اسید فسفریک H_3PO_4	مایع یا قوام بی‌رنگ یا کریستال‌های سفید رطوبت دوست؛ نقطه ذوب: 42°C ، زیر نقطه جوش در 213 درجه سانتی‌گراد تخریب می‌شود؛ محلول در آب.	خورنده؛ باعث سوختگی پوست و چشم می‌شود.	به بسیاری از فلزها حمله و ایجاد هیدروژن می‌کند. در آتش ایجاد بخارات سمی می‌کند.	در موارد تماس با چشم با آب بشویید و مشاوره پزشکی بگیرید. از دستکش‌های نیتریلی و محافظ چشم استفاده کنید.		
پنتوکسید فسفر P_2O_5	کریستال‌های سفید یا پودر؛	خورنده برای چشم، پوست، دستگاه تنفس، باعث درد گلو، سرفه، احساس سوزش، تنگی	سوختنی نیست اما باعث تسهیل سوختن دیگر مواد می‌شود. بسیاری از	در محل با خروجی هوا کار کنید. از دستکش، لباس‌های مناسب، محافظ صورت، یا محافظ چشم، همراه با محافظ	محلول آبی آن یک اسید قوی است؛ یا بازها شدید واکنش می‌دهد و خورنده است. با اسیدپرکلریک	

ماده شیمیایی	خواص فیزیکی	خطر سلامتی	خطر آتش سوزی	هشدارهای ایمنی	ماده شیمیایی ناسازگار	خطرهای دیگر
	نقطه ذوب: ۳۴۰ °C نقطه تصعید: ۳۶۰ °C	نفس، سوزش پوست، درد، تاول و سوزش چشم می‌شود. تنفس آن ممکن است باعث دردهای شکمی، احساس سوزش، اسپهال، درد گلو و استفراغ شود.	واکنش‌ها ممکن است باعث آتش سوزی یا انفجار شود. در آتش ایجاد بخارات با گازهای تحریک کننده یا سمی می‌کند.	تنفسی استفاده کنید.	واکنش شدید داده و ایجاد آتش سوزی و انفجار می‌کند. با آب واکنش شدید می‌دهد و ایجاد اسید فسفوریک می‌کند. در حضور آب به بسیاری از فلزها حمله می‌کند.	
اسیدپیکریک $C_6H_2(NO_2)_3OH$	نقطه ذوب: ۱۲۲ °C کمی در آب محلول.	خوردن، تنفس و تماس پوستی آن سمی است. خوردن آن ممکن است باعث سردرد و تهوع شود. تحریک چشم	وقتی خشک باشد منفجر می‌شود.	در همه حال با آب مرطوب نگهداشته شود. یا فقط در محلول‌های الکلی استفاده شود.	با بسیاری از فلزها ایجاد نمک می‌کند که از خود اسید قابلیت انفجار بیشتری دارند. در تماس با بتن ممکن است ایجاد کلسیم پیکرات کند، که ماده منفجره حساس به اصطکاک است. ممکن است با مواد احیاء کننده واکنش شدید دهد.	پوست را به رنگ زرد می‌کند.
هیدروکسید پتاسیم KOH	فلس، پودر، گلوله یا قطعه سفید؛ نقطه ذوب: ۳۶۰ °C نقطه جوش: ۱۳۲۰ °C محلول در آب	خورنده دستگاه تنفس، چشم و پوست؛ تنفس غبار آن باعث ادم‌ریه می‌شود.	در موارد تماس با چشم سریع با آب بشویید و مشاوره پزشکی بگیرید؛ در موارد تماس با پوست لباس‌های آلوده را درآورید. از دستکش‌های لاستیکی یا پلاستیکی و محافظ چشم حتی برای محلول‌های رقیق استفاده کنید.	با اسیدها و نیتروبنزن و بسیاری از شوینده‌ها واکنش شدید می‌دهد. مخلوط آن با آب ایجاد حرارت شدید می‌کند؛ در ظرف‌های کامل در بسته نگهداری شود.	در حضور رطوبت به بعضی از فلزها حمله می‌کند (آلومینیوم، روی، قلع).	
پرمنگنات پتاسیم KMnO ₄	کریستال ارغوانی؛ نقطه ذوب: ۲۴۰ °C (تخریب می‌شود) به سادگی در آب حل می‌شود.	خوردن و تنفس غبار آن خورنده است. تحریک شدید چشم و دستگاه تنفس، تنفس غبار آن ممکن است باعث ادم‌ریه شود.	عامل اکسیدکننده قوی، ممکن است باعث اشتعال مواد سوختنی شود.	از لباس‌های محافظ، محافظ چشم و در صورت ایجاد غبار آن از محافظ تنفسی استفاده کنید.	با بسیاری از مواد عالی و غیر عالی و پودر فلزات واکنش شدید داده یا ایجاد انفجار می‌کند.	
تلوریت پتاسیم K ₂ TeO ₃	کریستال‌های مایع سفید، بسیار محلول در آب	خوردن و تنفس غبار آن سمی است. تحریک پوست و چشم.	لباس‌های محافظ بپوشید.			
پروپانول -۲-ول (CH ₃)CHOH ایزوپروپانول	مایع بی‌رنگ با بوی الکل؛ نقطه ذوب: ۸۹- °C نقطه جوش: ۸۲ °C محلول در آب.	تحریک چشم و دستگاه تنفس. ممکن است با اثر بر دستگاه عصبی مرکزی باعث ایجاد سردرد، گیجی، تهوع، استفراغ و کوما شود.	بسیار قابل اشتعال؛ نقطه اشتعال: ۱۱۲ °C محدوده اشتعال: ۱۲/۷-۲/۳٪	ظرف آن را کامل بسته نگهدارید؛ از منبع شعله دور نگهدارید. در هودهای شیمیایی کار کنید. از دستکش‌های نیتریلی و محافظ چشم استفاده کنید.	با اکسید کننده‌ها واکنش شدید می‌دهد و ایجاد پراکسید در تماس طولانی با هوا و نور می‌کند. ضد عفونی کننده خطر اشتعال دارد و باید از منبع شعله دور نگاهداشته شود.	
پیریدین C ₅ H ₅ N	مایع بی‌رنگ با بوی ویژه؛ نقطه ذوب: ۴۲ °C نقطه جوش: ۱۱۵ °C	با اثر بر دستگاه عصبی مرکزی باعث گیجی، سردرد، تهوع، تنگی نفس و عدم هوشیاری می‌گردد. ممکن است از راه پوست جذب شود و باعث قرمزی و احساس سوزش گردد. خوردن آن باعث درد شکم، اسپهال، استفراغ و	بسیار قابل اشتعال؛ نقطه اشتعال: ۲۰ °C محدوده انفجار:			

ماده شیمیایی	خواص فیزیکی	خطر سلامتی	خطر آتش سوزی	هشدارهای ایمنی	ماده شیمیایی ناسازگار	خطرهای دیگر
		ضعف می‌گردد. تماس مکرر بر کبد و کلیه اثر دارد.	۱۲/۴-۱/۸٪ در آتش ایجاد بخارات به گازهای تحریک‌کننده یا سمی می‌کند بخار و مخلوط‌های آن منفجر شونده هستند.			
سلیوم Se	جامد بی‌بو در رنگ‌های مختلف، جامد بی‌شکل قرمز تیره-قهوه‌ای یا کریستال‌های قرمز شفاف یا کریستال‌های قرمز شفاف یا کریستال‌های خاکستری یا جلا تا سیاه: نقطه ذوب: ۱۷۰-۲۱۷°C نقطه جوش: ۶۸۵°C	تحریک پوست و چشم. تنفس غبار آن ممکن است باعث ادم‌ریه شود. تماس مکرر ممکن است باعث از دست دادن ناخن‌ها و آثار معده-روده‌ای گردد.	قابل اشتعال، در آتش ایجاد بخارات یا گازهای تحریک‌کننده یا سمی می‌کند.	از پخش شدن غبار آن جلوگیری کنید. بهداشت را بسیار دقیق رعایت کنید با خروجی هوا در محل کار کنید. از دستکش‌ها و لباس‌های محافظ و عینک‌های ایمنی استفاده کنید.	با اکسیدکننده‌ها و اسیدهای قوی به شدت واکنش می‌دهد. با آب در ۵۰ درجه سانتی‌گراد واکنش داده و ایجاد هیدروژن قابل اشتعال و اسیدهای سلیوم می‌کند. با فسفر و فلزهایی مانند نیکل، پتاسیوم، پلاتینیوم، سدیم و روی با حرارت ملایم ایجاد نور می‌کند.	
نقره Ag	فلز سفید در تماس با آزون، سولفید هیدروژن یا سولفور تیره می‌شود: نقطه ذوب: ۹۶۲°C نقطه جوش: ۲۲۱۲°C	تنفس مقادیر زیاد بخارات نقره فلزی ممکن است باعث ادم و آسیب ریه شود. ممکن است در تماس طولانی و مکرر باعث تغییر رنگ خاکستری-آبی‌بینی، چشم، حلق و پوست شود (آرژیریا)	به جز پودر آن قابل اشتعال نیست.	با خروجی هوا در محل کار کنید. از دستکش‌ها و لباس‌های محافظ و عینک‌های ایمنی استفاده کنید.	با اکسیدکننده‌ها و اسیدهای قوی به شدت واکنش می‌دهد. با آب در ۵۰ درجه سانتی‌گراد واکنش داده و ایجاد هیدروژن قابل اشتعال و اسیدهای سلیوم می‌کند. با فسفر و فلزهایی مانند نیکل، پتاسیوم، پلاتینیوم، سدیم و روی با حرارت ملایم ایجاد نور می‌کند.	
نترات نقره AgNO ₃	کریستال‌های سفید: نقطه ذوب: ۲۱۲°C نقطه جوش: ۴۴۴°C	ممکن است باعث سوختگی شدید چشم و پوست گردد. خورنده دستگاه گوارش است. ممکن است باعث تغییر رنگ قرمز-آبی پوست در تماس مکرر یا طولانی مدت گردد (آرژیریا)	قابل اشتعال نیست اما سوختن دیگر مواد را تسهیل می‌کند.	از پخش شدن غبار آن جلوگیری نمایید. بهداشت را بسیار دقیق رعایت کنید. از دستکش‌های لاستیکی یا پلاستیکی، محافظ صورت یا چشم همراه با محافظ تنفسی استفاده کنید. در صورت تماس با چشم با آب بشویید و مشاوره پزشکی بگیرید.	محلول‌های آمونیاکی در حضور باز یا گلوزک ایجاد رسوب منفجر شونده نترات قره می‌کنند. با متانول محصولات انفجاری و با اکربونیتریل ایجاد پلیمریزاسیون انفجاری می‌کند. ممکن است باعث ایجاد انفجار در مخلوط شدن با شارکول، منیزیم، فسفر یا گوگرد نماید.	
سدیم آزاید N ₃ Na	جامد کریستالی بی‌رنگ: نقطه ذوب: ۳۰۰°C محلول در آب.	بسیار سمی در خوردن تنفس تماس پوستی است؛ ممکن است ایجاد سوختگی نماید. بخار و محلول آن باعث تحریک چشم و پوست می‌شود؛ ممکن است از راه پوست جذب شود.	بالاتر از نقطه ذوب تخریب و منفجر می‌شود. با حرارت دیدن ایجاد بخارات سمی می‌کند؛ از آب برای خاموش کردن آتش استفاده کنید.	در موارد تماس با پوست فوری بشویید. از غبار آن پرهیز کنید. از دستکش‌های لاستیکی یا پلاستیکی و محافظ چشم استفاده کنید.	با برم، دی‌سولفید کربن یا کلرید کربم واکنش‌های انفجاری می‌دهد. جامد آن با فلزهای سنگین شامل مس، سرب و جیوه نمک‌های آزاید منفجر شونده می‌دهد. در تماس با اسید ایجاد گازهای بسیار سمی و انفجاری می‌کند.	
سدیم بی‌سلیت	پودر کریستالی بی‌رنگ؛	خوردن و تنفس غبار آن سمی	از لباس‌های محافظ استفاده شود.	عوامل اکسید کننده.		

ماده شیمیایی	خواص فیزیکی	خطر سلامتی	خطر آتش سوزی	هشدارهای ایمنی	ماده شیمیایی ناسازگار	خطرهای دیگر
NaHSeO ₃	محلول در آب	است؛ تجمع آن خطرناک است. تراژون تجربی است. تماس طولانی مدت پوستی ممکن است باعث درماتیت شود.				
سیانید سدیم NaCN	پودر کریستالی سفید یا بوی بادام؛ نقطه ذوب: ۵۶۳ °C نقطه جوش: ۱۴۹۶°C؛ بسیار محلول در آب	بسیار سمی در خوردن، تنفس و تماس پوستی؛ بسیار تحریک کننده چشم، ممکن است از راه پوست جذب شود. تماس مکرر ممکن است بر تیروئید اثر بگذارد.	در آتش ممکن است بخارات سمی ایجاد کند.	از تنفس غبار آن پرهیز کنید. از محافظ تنفسی استفاده کنید. از تماس چشمی و پوستی خودداری کنید؛ در موارد تماس با پوست فوری با آب بشویید و لباس‌های آلوده را درآورید. از محافظ‌های چشم با درجه شیمیایی و دستکش‌های لاستیکی و پلاستیکی استفاده کنید. در مکان محافظت و قفل شده با تهویه نگهداری شود.	در تماس با اسید یا آب حاوی دی‌اسیدکربن گاز بسیار سمی سیانید هیدروژن ایجاد می‌کند. با نیتريت‌ها می‌تواند مخلوط‌های انفجاری ایجاد نماید.	قطره‌های پخش شده آن را با پودر ماده سفید کننده (هیپوکلریت سدیم) ۲۴ ساعت تیمار کنید. ذرات جامد آن را به دقت جمع‌آوری کرده و به داخل محلول سفید کننده بریزید؛ ۲۴ ساعت قبل از تخلیه نگهداری شود. کیت ضد سیانیت را برای آزمایشگاه تهیه نمایید.
هیدروکسید سدیم NaOH	فلس، پودر، گلوله یا ملیه مانند بی‌رنگ؛ نقطه ذوب: ۳۱۸ °C نقطه جوش: ۱۳۹۰ °C محلول در آب	جامد و محلول‌های غلیظ. تنفس غبار آن به دستگاه تنفس آسیب می‌زند و ادم‌ریه می‌دهد. برای دستگاه گوارش خورنده است. محلول‌های رقیق آن برای چشم تحریک کننده هستند و اگر تماس طولانی باشد باعث آسیب شدید چشم می‌گردد.	قابل اشتعال نیست، تماس با رطوبت یا آب ممکن است ایجاد حرارت کافی برای ایجاد آتش در مواد سوختنی نماید.	در موارد تماس با چشم فوری با آب بشویید و مشاوره پزشکی بگیرید؛ در موارد تماس با پوست با آب سریع بشویید و لباس‌های آلوده را درآورید. از دستکش‌های پلاستیکی و یا لاستیکی و محافظ چشم حتی برای محلول‌های رقیق استفاده نمایید.	در هنگام مخلوط شدن با آب مقدار زیادی حرارت تولید می‌کند. با مخلوط کلروفرم-متانول و اسیدها به شدت واکنش می‌دهد.	در ظرف کامل در بسته و در جای خشک نگهداری شود.
هیپوکلریت سدیم محلول (۱-۱۰٪ کلر) NaOCl	محلول بی‌رنگ یا زرد کم‌رنگ با بوی کلر؛ محلول در آب	خورنده برای چشم و پوست؛ خورنده دستگاه گوارش و تنفس؛ تنفس آن ممکن است باعث ادم‌ریه شود. تماس مکرر ممکن است باعث حساسیت پوستی شود.	اکسید کننده قوی؛ ممکن است در آتش ایجاد بخارات سمی نماید.	در موارد تماس با چشم فوری با آب بشویید و مشاوره پزشکی بگیرید؛ در صورت تماس با پوست فوری با آب بشویید. از تنفس بخار آن پرهیز و از محافظ تنفسی استفاده کنید. از دستکش‌های لاستیکی یا پلاستیکی و محافظ چشم با درجه شیمیایی استفاده کنید.	در تماس با اسیدها گازهای بسیار سمی ایجاد می‌کند. با مواد سوختنی و با احیاء کننده‌ها واکنش شدید می‌دهد. با ترکیبات نیتروژنی ترکیبات آن-کلرو-منفجر شونده می‌کند؛ ممکن است با متانول به شدت واکنش دهد.	در نگهداری به تدریج کلر خود را از دست می‌دهد؛ محلول‌های رقیق که به عنوان ضد عفونی کننده به کار می‌روند سریع تخریب می‌شوند. به دور از اسید در مکانهای تاریک، سرد و با تهویه مناسب ذخیره شود.
اسید سولفوریک H ₂ SO ₄	مایع با قوام بی‌رنگ و بی‌بو؛ نقطه ذوب: ۱۰ °C نقطه جوش: ۳۴۰ °C (تخریب می‌شود)	محلول‌های غلیظ (۱۵٪) خورنده است و باعث ایجاد سوختگی‌های شدید می‌شود؛ مه و بخار آن بسیار خورنده برای تنفس می‌باشند؛ محلول‌های رقیق برای چشم و پوست تحریک کننده هستند؛ ممکن است باعث سوختگی و درماتیت شود.	در آتش ممکن است بخارهای سمی ایجاد کند. سوختنی نیست. بسیار از واکنش‌ها ممکن است آتش‌زا یا انفجاری باشند. رقیق کردن آن با آب ایجاد حرارت می‌کند و ممکن است بجوشد و پخش شود. همیشه اسید را به آب اضافه کنید هرگز آب را به اسید اضافه نکنید.	یک اکسید کننده و آب‌گیر قوی است با بسیاری از معرف‌ها مانند ترکیب‌های عالی نیتروژن، پرمنگنات پتاسیم، فلزهای قلیایی و پرکلرات، مواد سوختنی، اکسیدکننده‌ها آمین‌ها، بازها، آب، حرارت زیاد و بیشتر فلزها واکنش می‌دهد.	اگر اسید غلیظ به آب اضافه شود ممکن است جوشیدن ایجاد شود.	

ماده شیمیایی	خواص فیزیکی	خطر سلامتی	خطر آتش سوزی	هشدارهای ایمنی	ماده شیمیایی ناسازگار	خطرات دیگر
تتراهیدروفوران C_4H_8O اکسید دی متیلن اکسید تترامتیلن	مایع بی‌رنگ، با بوی ویژه؛ نقطه ذوب: $-10.8^{\circ}C$ نقطه جوش: $66^{\circ}C$	افسرده کننده دستگاه عصبی مرکزی و خواب آور، تحریک چشم، پوست و دستگاه تنفسی می‌نماید.	بسیار شعله‌ور شونده؛ ممکن است ایجاد پراکسیدهای انفجاری نماید؛ نقطه اشتعال: $9C$ -۱۴. در آب ممکن است برای مقابله با آتش این ماده موثر نباشد اما می‌تواند برای خنک کردن ظرف‌های در معرض آتش مناسب باشد.	در محل‌های با خروجی هوا و تهویه مناسب یا با محافظ تنفسی و دستکش‌های محافظ و عینک‌های ایمنی کار کنید.	با اکسید کننده‌های قوی، بازهای قوی و بعضی از هالید فلزها واکنش داده، ایجاد خطر آتش سوزی و انفجار می‌کند. به انواعی از پلاستیک، لاستیک و پوشش‌ها حمله می‌کند. تتراهیدروفوران ممکن است در حضور آغاز کننده‌های کاتیونی پلیمریزه شود. مخلوط کردن آن با هیدروکسید کلسیم ممکن است ایجاد انفجار نماید.	
استات تالیوم $TiCl_2H_3O_2$	کریستال‌های محلول بی‌رنگ؛ نقطه ذوب: $110^{\circ}C$ بسیار محلول در آب	در خوردن بسیار سمی است و ممکن است اثر تجمعی داشته باشد. بر دستگاه عصبی و قلبی عروقی اثر دارد. تماس چشمی و پوستی با آن مضر است.		ظرف‌های آن کامل بسته باشد. در هودهای شیمیایی، هود یا با تهویه خروجی کار شود. از پوشش‌های ایمنی استفاده شود مانند محافظ تنفسی ضدغبار، محافظ‌های چشم با درجه شیمیایی، دستکش‌های پلاستیکی و لاستیکی و محافظ چشم.		
اورتو-تولیدین $(C_6H_3-3CH_3)-(4NH_2)_2$ ۳،۳-دی‌متیل (۱،۱-بی‌فنیل) ۴،۴ دی آمین	کریستال‌های بی‌رنگ؛ نقطه ذوب: $131^{\circ}C$ نقطه جوش: $220^{\circ}C$ کم محلول در آب	در تماس با پوست و خوردن خطرناک است. غبار آن تحریک کننده دستگاه تنفس و چشم است. یک سرطان‌زای احتمالی انسان است.	سوختنی است. در آتش ایجاد بخارات یا گازهای تحریک کننده یا سمی می‌کند.	از تماس با آن خودداری کنید؛ از محافظ چشم و دستکش استفاده کنید.	عوامل اکسید کننده	
تولون C_7H_8 متیل بنزن	مایع بی‌رنگ با بوی ویژه؛ نقطه ذوب: $95^{\circ}C$ - نقطه جوش: $111^{\circ}C$ نامحلول در آب	افسرده کننده دستگاه عصبی مرکزی، محرک چشم، غشای مخاطی و پوست. تماس مکرر ممکن است ایجاد اختلال تولید مثل و تکامل در انسان نماید.				
اسیدتری کلرواستیک $CClCOOH$	کریستال‌های آب دوست سفید با بوی ویژه؛ نقطه ذوب: $58^{\circ}C$ نقطه جوش: $197.5^{\circ}C$ محلول در آب، اتانول،	خورنده؛ ایجاد سوختگی‌های شدید چشم، پوست و دستگاه تنفس می‌کند.	سوختنی نیست. ممکن است ایجاد بخارات سمی در آتش نماید.	از تماس با پوست و چشم پرهیز کنید؛ از دستکش‌های لاستیکی یا پلاستیکی و محافظ‌های چشم با درجه شیمیایی یا محافظ صورت همراه با محافظ تنفسی استفاده کنید. در صورت تماس با چشم فوری بشویید و مشاوره پزشکی بگیرید.	با مخلوط مس-دی‌تیل سولفاکسید و در تماس با بازها، عوامل اکسیدکننده قوی و فلزها مانند آهن، روی آلومینیوم واکنش شدید می‌دهد.	در مکان خشک نگهداری شود. محلول‌های آبی غلیظ ممکن است به شدت تخریب شوند.

خطرهای دیگر	ماده شیمیایی ناسازگار	هشدارهای ایمنی	خطر آتش سوزی	خطر سلامتی	خواص فیزیکی	ماده شیمیایی
					دی اتیل اتر	
	در تماس با سطح داغ یا شعله تخریب شده ایجاد گازهای سمی و خورنده می‌کند (فسژن، کلرید هیدروژن). در تماس با بازهای قوی تخریب شده ایجاد دی کلرو استیلین می‌کند؛ با پودر فلزها مانند آلومینیوم، باریوم، منیزیوم، و تیتانیوم واکنش شدید می‌دهد؛ در حضور نور و رطوبت تخریب شده ایجاد اسید هیدروکلریک می‌کند.	در محل با تهویه و خروجی هوا کار کنید. از دستکش، عینک‌های محافظ با دیگر انواع محافظ چشم همراه با محافظ تنفسی استفاده کنید.	در شرایط اختصاصی می‌سوزد	تحریک چشم و پوست؛ تماس طولانی ممکن است باعث درماتیت شود و یا بر دستگاه عصبی مرکزی باعث از دست دادن حافظه شود. ممکن است بر کلیه و کبد اثر بگذارد. یک سرطان‌زای احتمالی انسان است.	مایع بی‌رنگ، با بوی ویژه؛ نقطه ذوب: 93°C - نقطه جوش: 87°C	تری کلرواتیلین $\text{CHCl}_2\text{CCl}_2$
ممکن است حاوی متیل بنزن به عنوان ناخالصی باشد. اتیل بنزن یک سرطان‌زای احتمالی انسان است.		از تماس چشمی پرهیز شود. از دستکش‌های نیتریلی و محافظ چشم استفاده کنید. ظرف آن کامل بسته باشد؛ از منبع شعله دور نگاه داشته شود.	مایع قابل اشتعال؛ نقطه اشتعال: 33°C - 27°C	ممکن است با اثر بر دستگاه عصبی مرکزی باعث سردرد، گیجی، ضعف و تهوع گردد مایع و بخار آن تحریک کننده چشم، پوست، غشای مخاطی و دستگاه تنفسی است. خوردن آن خطرناک است. تماس پوستی طولانی ممکن است باعث از دست دادن چربی پوست شود. اختلال عصبی غیر اختصاصی ایجاد می‌کند. تماس با آن ممکن است آسیب شنوایی در اثر صدا را تشدید کند. آزمایش بر روی حیوانات سمی بودن برای تولید مثل یا تکامل انسان را مطرح می‌کند.	مایع بی‌رنگ با بوی آروماتیک؛ نقطه ذوب: 95°C - تا 136°C ؛ نقطه جوش: 145°C - 136°C ؛ نامحلول در آب.	گزیان (ایزومرهای مخلوط) $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$ دی متیل - بنزن