

به نام خدا

دستورالعمل ایمنی کار در آزمایشگاه‌های پژوهشکده گیاهان و مواد
اولیه دارویی

(عمومی-شیمیایی-میکروبی-نانومواد)

پاییز ۹۲

تهیه کنندگان:

آتوسا علی‌احمدی، عضو هیئت علمی پژوهشکده گیاهان و مواد اولیه دارویی

ریحانه صفوی، دانشجوی دکترای فیتوشیمی، پژوهشکده گیاهان و مواد اولیه دارویی

۳	شرایط اولیه برای کار در آزمایشگاه‌های پژوهشکده
۵	مقدمه
۵	۱- کدهای ایمنی: مواردی ساده جهت برخورد عاقلانه برای پیشگیری و برخورد با حوادث
۶	۲- حفاظت فردی
۶	۲-۱- حفاظت از چشم‌ها
۷	۲-۲- حفاظت از دست‌ها
۸	۲-۳- حفاظت از پاها
۸	۲-۴- حفاظت از دستگاه تنفسی
۸	۲-۵- حفاظت از بدن
۸	۳- کار با مواد شیمیایی
۹	۳-۱- مثال‌هایی از مواد شیمیایی خطرناک
۱۰	۳-۱-۱- کلروفرم
۱۰	۳-۱-۲- اکریل آمید
۱۱	۳-۱-۳- مرکاپتو اتانل
۱۱	۳-۱-۴- فنل
۱۲	۳-۱-۵- گوانیدین تیوسیانات
۱۳	۳-۲- آشنایی با علائم هشدار دهنده در آزمایشگاه
۱۳	۳-۲-۱- علائم موجود بر روی بسته‌های مواد شیمیایی
۱۴	۳-۲-۲- نکات ضروری در کار با حلال‌ها
۱۵	علائم شیمیایی هشدار دهنده و کدهای بین‌المللی
۱۸	۳-۲-۳- عمده‌ترین خطرهای حلال‌ها
۲۰	۴- کار با دستگاه‌ها و مواد خاص
۲۰	۴-۱- هودهای شیمیایی
۲۰	۴-۲- هودهای میکروبی و کشت سلولی
۲۲	۴-۳- دستگاه‌های تحت فشار
۲۲	۴-۳-۱- وسایل شیشه‌ای تحت فشار
۲۲	۴-۳-۲- لوله‌های لحیم شده
۲۲	۴-۳-۳- کپسول‌های گاز تحت فشار
۲۳	۴-۳-۴- دستگاه‌های زیر خلاء
۲۳	۴-۳-۴-۱- تبخیر در خلاء
۲۳	۴-۳-۴-۲- صاف کردن در خلاء
۲۴	۴-۳-۴-۳- تقطیر در خلاء و نمک‌گیری در خلاء
۲۴	۴-۴- کار با سانتریفوژ
۲۵	۴-۵- مایکرو ویو
۲۶	۴-۶- دستگاه مولد پرتو UV
۲۶	۴-۷- نیتروژن مایع
۲۸	۵- مقررات ویژه آزمایشگاه میکروبیولوژی پژوهشکده گیاهان و مواد اولیه دارویی
۲۹	۶- مقررات ایمنی کار با خون و فرآورده‌های آن و بافت‌های انسانی و جانوری
۳۱	۷- نانومواد
۳۷	فهرست منابع
۳۸	جداول و نمودارها

شرایط اولیه برای کار در آزمایشگاه‌های پژوهشکده

اولین وظیفه هر شخص رعایت نکات ایمنی است. به طوری که کار کردن شخص، برای او و دیگران خطری ایجاد نکند. دستورالعمل ایمنی زیستی برای آگاهی از موارد لازم برای نیل به این هدف در اختیار شما قرار گرفته است و پیش از شروع پروژه، شما باید آن را مطالعه کرده و در امتحان آن موفق گردید. عدم توجه به نکات ذکر شده و هر آنچه که عقلانی و منطقی و لازم است، نه تنها ممکن است پیامدهای ناگواری برای شما و دیگران در پی داشته باشد که برخورد شدید و مجازات احتمالی توسط کمیته ایمنی زیستی پژوهشکده را در پی خواهد داشت (کمیته ایمنی زیستی تشکیل شده است از ریاست پژوهشکده و کلیه اعضا هیئت علمی و کارشناسان آزمایشگاه‌های پژوهشکده). در ادامه برخی نکات ضروری برای کار کردن در آزمایشگاه‌های پژوهشکده فهرست شده‌اند.

۱. برای کار در آزمایشگاه، نیاز به **مجوز** استاد مربوطه است که پس از گذراندن کلاس ایمنی و موفقیت در امتحان آن، صادر خواهد گردید.
۲. پیش از شروع به کار در هر آزمایشگاهی، استاد خود یا مسئول آزمایشگاه مذکور را از وجود هر گونه مشکل در **سلامتی** خود آگاه نمایید. به عنوان مثال حساسیت‌های پوستی و تنفسی، صرع، دیابت و ... را اعلام نمایید. **دانشجویانی که با بافت‌های انسانی و جانوری و خون کار می‌کنند باید علیه هپاتیت B واکسینه شوند.**
۳. حضور در آزمایشگاه‌ها در ساعات غیر معمول و روزهای تعطیل نیاز به مجوز داشته و دانشجو باید دفتر ورود و خروج موجود در آزمایشگاه را تکمیل نماید. این دفتر به شکل موردی توسط نگهبان بررسی خواهد شد.
۴. کار کردن در آزمایشگاه‌هایی غیر از آزمایشگاه‌های پیش‌بینی شده در پروژه شما، بدون اطلاع مسئولان آنها **ممنوع** است.
۵. در داخل آزمایشگاه تمام مدت باید از روپوش و در صورت لزوم از دستکش استفاده نمایید. استفاده از روپوش و دستکش کثیف و آلوده و دست زدن به وسایل عمومی هم چون کامپیوتر، دستگیره در آزمایشگاه، پریز و کلید برق، دکمه آسانسور و ... **نقض غرض است!** هنگام خروج از آزمایشگاه میکروبیولوژی و کشت **سلولی** باید روپوش را در بیاورید!
۶. خوردن و آشامیدن در داخل همه آزمایشگاه‌ها **ممنوع** است! هیچ‌گونه ماده خوراکی و آشامیدنی را در یخچال آزمایشگاه نگهداری نکنید. کیف و وسایل شخصی خود، و هر آنچه که پس از انجام کار به خانه خواهید برد را به هیچ‌عنوان روی سکوی آزمایشگاه‌ها نگذارید.

۷. پیش از استفاده از هر دستگاهی، روش کار با آن را بر اساس SOP موجود یا به کمک کارشناس آزمایشگاه و در صورت لزوم به تشخیص استاد مربوطه، از دانشجوی قبلی یاد بگیرید.
۸. در مورد دستگاه‌هایی که برای استفاده از آنها ثبت نام استفاده کننده یا رزرو وقت قبلی نیاز است، اطلاعات خود را وارد نمایید.
۹. هیچ‌گاه با دستگاهی که مشکل دارد کار نکنید و زیر نظر مسئول آزمایشگاه، در صدد هماهنگی برای تعمیر آن بریابید!
۱۰. پیش از استفاده از هر دستگاهی از تمیز بودن و آماده بودن آن برای انجام کار، اطمینان حاصل نموده و در صورت آلودگی و خرابی، مسئول آزمایشگاه را آگاه کنید.
۱۱. شما موظفید که هر دستگاه، ظرف، هود شیمیایی یا میکروبی را پس از کار طوری تمیز و مرتب کنید که خودتان بلافاصله بتوانید از آن استفاده کنید!
۱۲. در حد امکان نباید به تنهایی و یا در خارج از وقت معمول آزمایشگاه در آزمایشگاه کار کرد. به خصوص هنگام انجام آزمایش‌های خطرناکی هم‌چون هیدروژن‌دار کردن، ازون‌دار کردن، تقطیر و آزمایش‌هایی که باید در محیط جداگانه انجام شوند.
۱۳. زمان شروع آزمایش‌های خطرناک را به دیگران اطلاع داده و علائم راهنما و هشدار دهنده مربوطه را در محل کار نصب کنید. در این موارد شخص آزمایشگر به هیچ عنوان نباید محل کار را ترک کند.
۱۴. در صورت بروز مشکلاتی هم‌چون آتش‌سوزی، برق گرفتگی، سوختگی، ایجاد جراحت و ... بلافاصله مسئولان آزمایشگاهها یا پژوهشکده و در صورت نیاز حراست دانشگاه را مطلع فرمایید. شماره تلفن‌های لازم در ورودی همه آزمایشگاهها نصب شده‌اند.
۱۵. هر گونه پیشنهاد یا انتقاد در خصوص ایمنی آزمایشگاه‌های پژوهشکده را به اطلاع کمیته ایمنی زیستی برسانید.
۱۶. عدم توجه به هر یک از موارد فوق سبب تذکر شفاهی، و در صورت تکرار، محرومیت از کار در آزمایشگاه‌های پژوهشکده به مدت یک هفته تا یک ماه و بر حسب مورد، اخراج دائم خواهد گردید.

رئیس پژوهشکده گیاهان و مواد اولیه دارویی

مقدمه

کار کردن در آزمایشگاه، می‌تواند با خطرات بیشماری ناشی از تماس با مواد عفونی، سمی، رادیواکتیو و سرطان‌زا، جراحت بر اثر ظروف شیشه‌ای شکسته یا نوک تیز، خراشیدگی با سطوح، پاشیده شدن مواد گوناگون به سر و صورت و چشم، آتش‌سوزی و همراه باشد. اولین وظیفه‌ی هر شخص توجه داشتن و رعایت کردن نکاتی است که ضامن حفظ سلامتی وی، دیگران و محیط زیست باشد.

۱- کدهای ایمنی: مواردی ساده جهت برخورد عاقلانه برای پیشگیری و برخورد با حوادث

- رعایت بهداشت و نظم در محیط کار خود و محیط‌های مشترک
- جدی بودن در انجام کارها و پرهیز از رفتارهای نامعقول
- اهمیت دادن و توجه کردن به تاثیر کارهای خود بر دیگران
- به خاطر سپردن نکات ایمنی و هشدار دهنده
- آگاهی یافتن از خطرات همراه با هر گونه کار آزمایشگاهی پیش از شروع آن
- پیشگیری بهتر از درمان است!
- توجه داشتن به اینکه بیشترین علل وقوع حوادث:
 - بی احتیاطی و در نظر نگرفتن جوانب ایمنی.
 - وقتی کار روتین شده و توجه و دقت لازم به آن نمی‌شود.
 - وقتی فکرتان جای دیگر است و روی کار تمرکز ندارید.
 - وقتی عجله دارید.
 - وقتی خسته و تحت استرس هستید.
 - وقتی به حد کافی در مورد کار آموزش ندیده‌اید و درباره خطرات مترتب بر آن نخوانده‌اید! پیش از شروع یک دستورالعمل یا کار جدید آزمایشگاهی، حتما تمام مراحل کار، مواد مورد استفاده و خطرات آنها (MSDS) را خوانده و طرز کار دستگاه‌ها را یاد بگیرید؛ خودآموزی نکرده و این را از استاد یا کارشناس آزمایشگاه بخواهید!
- خودداری از انجام دادن هر گونه کاری که سبب خطرات غیر لازمی شود (مثال ساده: با ظروف شیشه‌ای شکسته کار نکنید! با ظروف شیشه‌ای زورآزمایی نکنید! هیچگاه خودتان برای انتقال دستگاه‌ها و وسایل سنگین اقدام نکنید!).

- هنگام جابه‌جایی ظروف حاوی مواد شیمیایی گوناگون از سینی یا سبد مناسب استفاده کنید.
- در صورت ریختن مواد شیمیایی:
 - ابتدا مطمئن شوید که روش صحیح دفع آلودگی را می‌دانید و وسایل لازم را در دسترس دارید.
 - MSDS به شما کمک می‌کند که روش رفع آلودگی را بیابید.
 - در صورت وجود احتمال آلودگی تنفسی و انتقال آلودگی به سایر نقاط (مثلا در اثر رفت و آمد)، با زدن اطلاعیه‌ای بر روی در آزمایشگاه، دیگران را آگاه ساخته و سپس آزمایشگاه را ترک کنید.
 - پنجره‌ها را باز کرده و هواکش آزمایشگاه را روشن کنید.
 - برای رفع آلودگی، به عینک، ماسک و دستکش مقاوم مجهز باشید.
 - برای برداشتن ظروف شیشه‌ای شکسته، از انبر استفاده کرده و شیشه‌های شکسته را در مقادیر زیادی کاغذ باطله یا روزنامه پیچیده، در کیسه پلاستیکی ضخیم قرار داده و سپس در سطل آشغال بیندازید.
- آگاهی داشتن از مکان جعبه کمک‌های اولیه، دوش ایمنی، چشم‌شور، کپسول‌ها و شیرهای آتش‌نشانی، دکمه‌های اعلام خطر.
- در صورت شنیده شدن زنگ خطر یا اعلام وضعیت اضطراری، به سرعت محل کار را ترک کرده و هیچ‌گاه از آسانسور استفاده نکنید.
- در موارد آتش‌سوزی، در اتاق‌های در حال اشتعال را پشت سر خود ببندید.

۲- حفاظت فردی

۲-۱- حفاظت از چشم‌ها

- در حوادث آزمایشگاهی، چشم‌ها بیشتر از سایر اعضا آسیب می‌بینند.
- برای برخی آزمایش‌های خطرناک، استفاده از عینک ایمنی معمولی و یا عینک مخصوص با کناره‌های پوشیده، اجباری است. در این موارد سایر افراد حاضر در آزمایشگاه نیز باید به عینک مناسب مجهز باشند.
- استفاده از لنز یا عدسی چشمی ممنوع است. بسیاری از مواد آلی فرار مانند هیدرواسیدها و مشتقات هالیدها می‌توانند در مایع اشکی که لنز در آن غوطه‌ور است حل شده و تحریک‌های خطرناکی ایجاد کنند. این خطرات برای لنزهای نرم شدیدترند.

برای انجام آزمایشات بسیار خطرناک، باید از هود شیمیایی حفاظ دار که صفحه حفاظ آن از جنس پلی کربنات باشد استفاده نمود.

۲-۲- حفاظت از دست‌ها

دستکش، با اندازه‌ی مناسب دست و مناسب برای کار استفاده کنید. دستکش‌های گوناگون معمولاً برای حفاظت دست در برابر مواد شیمیایی و عفونی، حرارت، وسایل تیز و برنده و پرتو فرا بنفش استفاده می‌شوند. باید توجه داشت که دست زدن به وسایل عمومی هم چون کامپیوتر، دستگیره در آزمایشگاه، پریز و کلید برق، دکمه آسانسور و ... با دست‌های پوشیده شده با دستکش نقض غرض است! مطمئناً یکی از نفرات بعدی که بدون دستکش به این وسایل دست خواهد زد خود شما خواهید بود! چرا که در همه حال باید دستکش‌ها را آلوده فرض کرد. هنگام انجام کار تا حد امکان نباید دستکش‌ها را عوض کرد.

بریدگی‌ها، زخم‌ها و جراحات پوستی (اگزما) را باید با پانسمان غیر قابل نفوذ به آب پوشاند.

برای کار با مواد خورنده (برم، اسیدهای معدنی قوی، بازهای قوی، اکسندهای قوی و ...) مواد نفوذ کننده در پوست (آمین‌های معطر، مشتقات نیتروژن دار و ...) باید از دستکش‌های لاتکس نرم و ظریف استفاده کرد. آمین‌های آروماتیک و هیدرازین‌ها از برخی دستکش‌ها عبور می‌کنند. بنابراین بسته به نوع آزمایش باید از قدرت حفاظتی دستکش آگاه بود و دستکش مناسب استفاده نمود. برای کار با نیتروزامین‌ها باید دو دستکش، یکی لاتکس و دیگری وینیل را روی هم پوشید.

حدود ۶-۱۷ درصد افراد به لاتکس حساسیت دارند. این حساسیت به شکل درماتیت تماسی آلرژیک نمود می‌یابد. استفاده همزمان از دستکش‌های نخی یا دستکش‌های پلاستیکی نازک و بدون مواد شیمیایی می‌تواند از این حساسیت جلوگیری کند. در هر حال پس از درآوردن هر گونه دستکشی، باید دست‌ها را شست.

بعد از هر آزمایشی و در هنگام خارج شدن از هر آزمایشگاهی، به هر قصد (صرف غذا، نوشیدن آشامیدنی‌ها و استفاده از سرویس‌های بهداشتی) باید دست‌ها را شست ولی در موارد زیر ضرورت این امر بسیار بیشتر است:

- مواد سمی مانند سیانیدها و ترکیبات آرسنیکی
- مواد فعالی زیستی مانند هورمون‌های استروژن و آلكالوئیدها
- مواد حساسیت‌زا مانند کینون‌ها
- هر گونه کار میکروبی یا هر گونه آزمایشی که در آزمایشگاه میکروبیولوژی انجام شده باشد!

برای بستن یا جداسازی اتصالات شیشه‌ای و نیز دماسنج باید دست‌ها را با یک پارچه یا با دستکش‌های مخصوص کار با وسایل شیشه‌ای محافظت نمود.

۲-۳- حفاظت از پاها

کفش‌ها باید راحت و دارای کف لاستیکی بوده و تمام پا را بپوشانند. به هیچ عنوان در آزمایشگاه کفش پارچه‌ای نپوشید. همیشه احتمال آلودگی به مواد شیمیایی و عفونی وجود دارد. بهتر است کفش مخصوص آزمایشگاه استفاده شود.

۲-۴- حفاظت از دستگاه تنفسی

هنگام کار با مواد فرار و سمی مانند فسژن، هیدروژن سولفید، گاز کلر، برم و ... استفاده از یک ماسک حفاظتی تنفسی از نوع فشنگی اجباری است.

در پی بروز حادثه و پخش شدن گاز سمی در آزمایشگاه باید فوراً از محل آلوده خارج شد و هیچ فردی بدون ماسک حق بازگشتن به آن محل را ندارد. هم‌چنین باید هنگام انتشار مواد فرار سمی، دیگران را به نحو مناسبی آگاه ساخت.

۲-۵- حفاظت از بدن:

پوشیدن روپوش نخی سفید در آزمایشگاه اجباری است. هرگز نباید از روپوش ساخته شده از الیاف مصنوعی، بدون شناخت دقیق مقاومت آن در برابر آتش و مواد خورنده استفاده شود. روپوش را باید تمیز نگه داشته و به هیچ عنوان نباید از خطر آلودگی به علت استفاده از روپوش آلوده به مواد شیمیایی و میکروبی چشم‌پوشی نمود. برای شستن روپوش‌های کثیف باید توجه داشت که لازم است که ابتدا آلودگی برطرف شده و سپس روپوش شسته شود. به عنوان مثال، روپوش آزمایشگاه میکروبیولوژی باید پیش از شستشو اتوکلاو گردد. در مورد مواد شیمیایی نیز لازم است آلودگی زدایی بر حسب نوع ماده یا مواد آلوده کننده انجام گردد.

۳- کار با مواد شیمیایی

پیش از شروع به کار با هر ماده شیمیایی باید اطلاعات لازم در مورد خواص فیزیکی و شیمیایی ماده مورد نظر را مطالعه کنید. ارائه تمام مواردی که باید در مورد توجه تک‌تک مواد قرار گیرند از حوصله این دستورالعمل خارج است و

دانشجویان موظف هستند که نکات ایمنی مربوط به کار کردن با تک تک مواد شیمیایی مربوط به پایان نامه خود را مطالعه نمایند. در غیر این صورت مسئولیت عواقب احتمالی به عهده شخص خواهد بود.

در مورد مواد شیمیایی گوناگون باید توجه داشت که **ناپایداری و ناسازگاری** مواد شیمیایی با یکدیگر بسیار خطرناک است. فهرست برخی از مواد ناپایدار و ناسازگار در جداول پیوست آمده است.

مواد شیمیایی موجود در آزمایشگاه‌ها به یکی از سه شکل جامد، مایع و گاز وجود دارند. هر یک از این مواد اثر یا اثرات خاصی بر فیزیولوژی موجودات زنده دارند.

الف- مواد شیمیایی گازی: به شکل بخار یا ذرات معلق، وارد ریه‌ها شده و آثاری از خود نشان می‌دهند:

- مواد التهاب‌آور (آمونیاک و اسید هیدروکلریک)
- مواد خفگی‌آور (دی اکسید کربن، منواکسید کربن و اسید سیانیدریک)
- مواد بیهوش کننده و مخدر (اتر، کلروفرم و الکل‌ها)
- سموم سیستمیک (متانول، فنل‌ها، بنزن، کربن دی سولفید)
- ذرات معلق (آزبست و سیلیس)

ب- مواد شیمیایی مایع

- حلال‌های آلی گوناگون مانند متانول، استون، کلروفرم، دی اتیل اتر، دی متیل سولفوکساید، ایتل الکل، هگزان، تولوئن، متیلن کلراید و ... علاوه به اشتعال‌پذیری در صورت عدم رعایت نکات ایمنی سبب سرطان و ناباروری می‌گردند.
- معرف‌های و مواد معدنی مانند اسید، آمونیاک و آب اکسیژنه، سوزاننده و خورنده هستند.

ج- مواد شیمیایی جامد نیز بسته به مورد اثرات گوناگونی از سمیت تا ایجاد آسیب‌های غیر قابل برگشت را سبب می‌شوند که ارائه تک تک آن‌ها از حوصله این دستورالعمل خارج بوده و کاربر موظف به مطالعه و آگاهی یافتن درباره آن‌ها است.

۳-۱- مثال‌هایی از مواد شیمیایی خطرناک

در ادامه برخی مواد شیمیایی خطرناک و راهکارهای لازم برای جلوگیری از آسیب یا کمک به آسیب دیده می‌آید. لازم به ذکر است که این فهرست کامل نبوده و تنها به عنوان مثال آمده است!

۳-۱-۱- کلروفرم: سرطان‌زا بوده و سمیت تنفسی آن بالا و سمیت پوستی‌اش کم است. علائم مسمومیت شامل تهوع، سرگیجه، خواب‌آلودگی و کاهش سطح هوشیاری است.

احتیاط‌های لازم و کمک‌های اولیه:

- در صورت پاشیده شدن به چشم، چشم را با آب فراوان به مدت ۱۵ دقیقه شستشو دهید.
- در صورت آغشته شدن پوست، فوراً آن را با آب و صابون بشویید. اگر لباس آلوده شده است، آن را عوض کنید.
- در مسمومیت تنفسی، شخص را به هوای آزاد رسانیده و در صورت اشکال تنفسی، کمک‌های اولیه را اجرا نمایید.
- در صورت مسمومیت خوراکی، شخص را در صورت هشیاری و آدار به استفراغ کنید.
- در صورت ریخته شدن مقدار زیادی از آن در محیط، محوطه را ترک کرده و تهویه مناسب را برقرار کنید. افراد مسئول تمیز کردن ماده باید ماسک و پوشش مناسب داشته باشند.

۳-۱-۲- اکریل‌آمید: نوروکسیک است. از راه پوست و تنفس به سرعت جذب می‌گردد. می‌تواند سبب ناهنجاری جنین گردد و سرطان‌زا باشد. علائم مسمومیت: منگی و گیجی، سوزن سوزن شدن، ضعف، عدم تعادل در راه رفتن و اختلال تکلم و لرز است.

احتیاط‌های لازم و کمک‌های اولیه:

- برای توزین و محلول‌سازی حتماً زیر هود شیمیایی کار کنید و از دستکش و ماسک استفاده کنید.
- در تماس پوستی، موضع را با آب فراوان و صابون به مدت ۱۵ دقیقه بشویید.
- هنگام کار حتماً دستکش لاتکس بپوشید. در صورت آلوده شدن پوست، محل را با آب فراوان شسته و سپس با دستمال آغشته به پلی اتیلن گلیکول ۴۰۰ مالش دهید و دوباره بشویید.
- در مسمومیت خوراکی، شخص را در صورت هشیاری و آدار به استفراغ کرده به مرکز فوریت‌های پزشکی برسانید.
- در صورت تنفس ذرات ماده، شخص را به هوای باز و سپس مرکز فوریت‌های پزشکی برسانید.
- هنگام کار، سطح سکو را با دستمال کاغذی یا کاغذ جاذب بپوشانید.
- گیره‌ها، شیشه‌ها و اسپیسرها را کاملاً بشویید و تمیز کنید.

- هر چند وقت یکبار باید محل کار با اکریل آمید را با محلول پتاسیم پرسولفات ۱/۶٪ و سپس سدیم متابی سولفیت ۱/۶٪ پاک کرده، و پس از ۲۰ دقیقه با مقادیر زیادی آب شست.

۳-۱-۳- مرکاپتو اتانل: سمی بوده از راه پوست و تنفس جذب می‌شود. علائم مسمومیت: گیجی، لرز، گرفتگی گلو، سردرد، تهوع و استفراغ!

احتیاط‌های لازم و کمک‌های اولیه:

- زیر هود شیمیایی و با استفاده از دستکش و عینک محافظ کار کنید.
- در آلودگی چشمی یا پوستی، موضع را ۱۵ دقیقه با آب فراوان بشوید.
- در مسمومیت تنفسی، شخص را به هوای آزاد و سپس مرکز فوریت‌های پزشکی برسانید.

۳-۱-۴- فنل: ماده‌ای سمی و فرار است که از راه پوست و استنشاق بخارات آن وارد بدن می‌شود. این ماده به شدت سوزاننده است و سوختگی‌های ناشی از آن به سبب ویژگی بی‌حس‌کنندگی موضعی، علی‌رغم وسعت آسیب و عمق سوختگی، ممکن است درد چندانی نداشته باشد. فنل و بخارات آن آتش‌گیر هستند. علائم مسمومیت: درد شکمی، سرگیجه، سردرد، تهوع و استفراغ، تپش قلب و سرانجام مرگ و کما. در صورت تماس پوستی که نتیجه آن سوختگی‌های شدید خواهد بود بافت رنگ پریده می‌شود. در صورت پاشیده شدن به چشم می‌تواند سبب کور شدن گردد.

احتیاط‌های لازم و کمک‌های اولیه:

- استفاده از هود شیمیایی، پوشیدن روپوش و دستکش مناسب (حداقل، لاتکس!) و عینک محافظ اجباری است.
- هنگام کار با فنل از منابع قابل اشتعال به دور باشید. در صورت بروز آتش سوزی بهترین راه خاموش کردن آتش استفاده از آب و کف است.
- به هیچ‌عنوان فنل را تقطیر نکرده از فنل‌های تقطیر و بافری شده تجاری استفاده کنید.
- فرد مسموم شده با بخارات فنل را باید به هوای آزاد برد و در صورت نیاز تنفس مصنوعی داد.
- در صورت آلوده شدن لباس به فنل باید توجه داشت که فرد کمک‌کننده باید دستکش مناسب بپوشد و سپس به سرعت لباس مصدوم را در آورده محل تماس را با محلول ۱:۲ از پلی اتیلن گلیکول و اتانول تمیز کرده و با مقادیر زیادی از آب شستشو دهد. از مالش دادن محل آلوده جلوگیری کنید چون سبب جذب بیشتر فنل به بدن می‌شود. شستشو باید آنقدر ادامه یابد (معمولا ۳۰ دقیقه) که رنگ پوست محل آسیب دیده از رنگ پریده به صورتی کم‌رنگ تغییر یابد.

- در صورت تماس چشمی، چشم را باید به مدت ۲۰ دقیقه با آب جاری شسته و فرد را به سرعت به چشم‌پزشک رساند. به هیچ عنوان از پلی اتین گلیکول استفاده نکنید!

- در صورت آلودگی محیط کار (سطح میز یا زمین) با محلول فنل باید:

- هر نوع منبع قابل اشتعال را از محیط دور کرد.
- فضای آلوده را به سرعت تهویه کرد.
- برای خنثی کردن فنل از آهک یا جوش شیرین (محلولهای قلیایی ضعیف) استفاده کرد.
- چون فنل در آب محلول است می‌توان سطح آلوده را با آب فراوان شست.

۳-۱-۵- گوانیدین تیوسیانات: این ماده در تماس با اسیدها، عوامل اکسید کننده و گرما، گاز بسیار سمی سیانید هیدروژن را آزاد می‌کند. گرد گوانیدین تیوسیانات به مخاط تنفسی و چشم آسیب می‌رساند.

احتیاط‌های لازم و کمک‌های اولیه:

- برای وزن کردن و کار با ماده، از هود و دستکش و ماسک استفاده شود.
- هیچگاه محلول تیوسیانات با محلول‌های اسیدی مخلوط نشود.
- جهت دور ریختن محلول‌ها ابتدا آنها را با سود غلیظ غیر فعال کنید.
- در صورت ایجاد مشکل فرد را به هوای آزاد برده و به سرعت به مرکز فوریت‌های پزشکی برسانید.
- در مورد کار کردن با گوانیدین هیدروکلراید نیز جوانب احتیاط را رعایت کنید.

لازم است دوباره تاکید شود که موارد ذکر شده مثال‌هایی از هزاران ماده شیمیایی هستند که در آزمایشگاه‌ها به کار می‌روند!

۳-۲- آشنایی با علائم هشدار دهنده در آزمایشگاه:

این علائم به چهار گروه تقسیم می‌شوند: شیمیایی، بیولوژیک، رادیواکتیو و الکتریکی

و مواد شیمیایی را از لحاظ سمیت و زیان به چهار گروه تقسیم می‌شوند:

- مواد بسیار زیان آور: مواد سرطان‌زا، جهش‌زا، مسموم کننده در تولید مثل و حساسیت‌زاهای تنفسی
- مواد با زیان زیاد: مواد بسیار سمی، سوزاننده و حساسیت‌زاهای پوستی
- مواد با زیان متوسط: مواد محرک و سوزش‌آور
- مواد با زیان کم: موادی که به عنوان خطرناک شناخته نمی‌شوند.

۳-۲-۱- علائم موجود بر روی بسته‌های مواد شیمیایی:

E(Explosive): قابل انفجار. در جایی غیر از انبار مواد نگهداری گردد.

O(Oxidizing – Fire Promoting): اکسید کننده-قابل اشتعال. تماس با مواد قابل اشتعال به حداقل برسد.

T(Very Toxic): بسیار سمی. تماس با بدن به هر شکلی ممنوع.

T(Toxic): سمی.

Xn(harmful): (مضر) نباید با دست تماس پیدا کند.

F+(Extremely flammable): به شدت قابل اشتعال. در دمای صفر نگهداری شود.

F(Highly flammable): بسیار قابل اشتعال. در دمای زیر ۲۱ درجه سانتیگراد نگهداری شود.

C(Corrosive): خورنده. از تماس با کلیه سطوح بدن جلوگیری شود.

Xi(Irritant): التهاب آور، محرک

کدهای بین‌المللی و مفاهیم آن‌ها در جداول شماره ۳ آمده‌اند.

به طور کلی از ریختن مواد زیر در سینک آزمایشگاه خودداری کنید:

- موادی که تمایل شدید به ترکیب با آب دارند، مانند فلزات قلیایی، ترکیبات آلی فلزی، هیدریدها و اسیدها هالیدها.
- مواد سمی مانند فنلها، سیانیدها، نمکهای فلزهای سنگین (جیوه و سرب)، تالیم، کروم و ترکیبات آنها.
- مواد تهوع آور: مرکاپتانها
- مواد اشک آور: اسید هالیدها
- مواد آتشگیر: حلالهای آلی
- موادی که زیست تخریب پذیر نیستند: پلی هالیدها
- کشتهای آلوده میکروبی و مایعات آلوده به باکتریها
- نمونههای خون، پلاسما، سرم و هر گونه نمونه یا مایعات بدنی انسان و جانوران


۲-۲- نکات ضروری در کار با حلالها

- همیشه از عینک ایمنی استفاده کنید. مواد کلردار مانند کلروفرم و متیلن کلرید برای چشمها خطرناکاند. هنگام کار با حلالها نباید از عدسی چشمی استفاده کرد.
- حلال را با دقت و سواس گونه انتخاب کنید. حلالهای سرطانزا (بنزن) و آلرژی زا (فرمامید) را حذف کنید.
- به هنگام استفاده از پیپت، مواد را هرگز با دهان نکشید (حتی برای مقادیر کم) برخی از مواد خورنده مانند پیریدین، اسیدهای کربوکسیلیک خورنده هستند و برخی دیگر، از قبیل متانول، کربن سولفید، مشتقات هالوژن دار، اثر تجمعی و خطرناکی دارند. کشیدن این مواد با پیپت از طریق دهان بسیار خطرناک است.
- از تماس حلالها با پوست جلوگیری کنید، زیرا بیشتر آنها حلال چربی اند و موجب ناراحتیهای پوستی می شوند. برخی از آنها (مثل پیریدین) حساسیتزا بوده و بعضی (مثل دی متیل فرمامید) از مقاومت پوست در برابر مواد سمی می کاهند. در نتیجه مواد سمی به راحتی در پوست نفوذ می کنند.
- زیر یک هود قوی و مناسب کار کنید و درپوش شیشههای حلال را فوراً گذاشته و آن را محکم کنید.
- از کار کردن در کنار شعله و یا در محل گرم (به ویژه هنگام کار با مواد آتش گیر) خودداری نمایید.
- از نگهداری مقادیر زیاد حلالهای خطرناکی هم چون کلروفرم، اترها و حلالهای آتش گیر (اترها، کتونها و استرها) خودداری کنید. از ظرفهای مقاوم به ضربه که کم تر از ۵ لیتر گنجایش دارند، برای ذخیره حلالها استفاده کنید. هم چنین در ظروف شکننده، بیشتر از یک لیتر حلال را ذخیره نکنید.

جدول ۳: علائم شیمیایی هشدار دهنده و کدهای بین‌المللی

کد و نتیجه	مفهوم	علامت	علائم هشدار دهنده شیمیایی
R34: سوختگی	خورنده فلز	C	
R35: سوختگی شدید			
R2: قابلیت انفجار در اثر ضربه	خطر انفجار	E	
R3: قابلیت انفجار آسان در اثر ضربه، آتش و مواد قابل اشتعال			
R12: شدیداً قابل اشتعال	قابلیت اشتعال، زیاد	F+	
R11: قابلیت جزئی اشتعال	قابلیت اشتعال، کم	F	
R12: آزاد کردن گازهایی با قابلیت اشتعال، در صورت تماس با آب			
R17: خود به خود قابل اشتعال در معرض هوا			
R7: امکان ایجاد آتش سوزی	مواد آتش زا (اکسید کننده)	O	
R8: خطر آتش سوزی در اثر تماس با مواد قابل اشتعال			
R9: خطر انفجار در صورت ترکیب با مواد قابل اشتعال			
R26: بسیار سمی در صورت تنفس	بسیار سمی	T+	
R27: بسیار سمی در صورت تماس با پوست			
R28: بسیار سمی در صورت خوردن			
R39: بسیار سمی، خطر بسیار جدی ایجاد آسیب‌های جبران ناپذیر			
R39/26: بسیار سمی، آسیب غیر قابل جبران			

R23: سمی در صورت تنفس	سمی	T	
R24: سمی در صورت تماس با پوست			
R25: سمی در صورت خورده شدن			
R48: خطر آسیب جدی برای سلامتی در صورت گذاشتن طولانی در فضای باز			
R42: بروز حساسیت در صورت تنفس	مضر برای سلامتی	Xn	
R43: بروز حساسیت در تماس پوستی			
R20: مضر برای سلامتی در صورت تنفس			
R21: مضر برای سلامتی در صورت تماس با پوست			
R22: مضر برای سلامتی در صورت خورده شدن			
R45: بسیار مضر برای سلامتی در صورت تنفس	بسیار مضر برای سلامتی	Xn	
R40: بسیار مضر برای سلامتی در صورت تماس با پوست			
R48: بسیار مضر برای سلامتی در صورت خورده شدن			
R43: بروز حساسیت در تماس پوستی	ایجاد حساسیت در صورت تماس با پوست	Xi	
R36: سوزش آورنده چشمها	سوزش آور و تحریک کننده	Xi	
R37: تحریک کننده دستگاه تنفسی			
R41: سوزش آورنده چشمها			
R41: خطر آسیب جدی برای چشمها			
R50: سمی برای آبزیان	خطرناک برای محیط زیست	N	
R51: بسیار سمی برای آبزیان			
R54: سمی برای گیاهان			
R55: سمی برای جانوران			
R56: سمی برای موجودات زنده خاکزی			
R57: سمی برای زنبورها			
R58: امکان بروز مشکلات زیست محیطی طولانی			

مدت			
R59: خطرناک برای لایه ازن			
R52: خطرناک و کشنده برای آبزیان			
R53: امکان بروز اثرات زیانبار طولانی مدت در محیط زیست آب			
کد و نتیجه	مفهوم	علامت	علائم هشدار دهنده زیستی
R45: امکان ایجاد سرطان	خطر زیستی: سرطانزاهای گروه یک و ۲ و ۳	T	
R49: امکان ایجاد سرطان در اثر تنفس			
R40: آسیب جبران ناپذیر	خطر زیستی: سرطانزاهای گروه ۳	Xn	
R60: امکان آسیب رسیدن به قدرت تولید مثل	خطر زیستی - آسیب رسیدن به قدرت تولید مثل	T & Xn	
R61: امکان آسیب رسیدن به جنین انسان			
R62: خطر احتمالی آسیب رسیدن به قدرت تولید مثل انسان در تماس پوستی			
R63: خطر احتمالی آسیب رسیدن به جنین انسان، در تماس پوستی			
R40: خطر احتمالی آسیب‌های جبران ناپذیر	خطر زیستی ایجاد تغییرات وراثتی	Xn	
مفهوم	علامت	علائم هشدار دهنده الکتریکی	

خطر مرگ آنی	خطر برق گرفتگی	
مفهوم	علامت	علائم هشدار دهنده رادیواکتیو
ایجاد آسیب‌های جدی	خطر تشعشع	

هیچ‌گونه ماده شیمیایی از جمله حلال‌ها به ویژه مواد و حلال‌های زیر را در ظرف‌شویی آزمایشگاه خالی نکرده در ظرف مناسب بریزید و به روش مناسب دفع نمایید. پسماند حلال‌های هالوژن‌دار و دیگر حلال‌ها را به طور جداگانه جمع‌آوری کنید (زیرا روش و هزینه دفع آن‌ها متفاوت است) و توجه داشته باشید که ناسازگاری و یا ناپایداری مواد شیمیایی در مورد حلال‌ها و پسماندهای آن‌ها هم صادق است! بنابراین نباید پسماند حلال‌های گوناگون را در ظرف مشترک ریخت.

- موادی که تمایل شدید به ترکیب با آب دارند، مانند فلزات قلیایی، ترکیبات آلی فلزی، هیدریدها و اسیدها هالیدها.
- مواد سمی مانند بنزن، نیتریل‌ها و مواد هالوژن‌دار
- مواد تهوع آور: مرکاپتانها
- مواد اشک‌آور: اسیدها هالیدها
- مواد آتشگیر: حلال‌های آلی مانند آلکان‌ها، اترها، استرها و کتون‌ها
- موادی که زیست تخریب پذیر نیستند: پلی هالیدها
- مواد غیر محلول مانند مواد هالوژن‌دار

۳-۲-۳- عمده‌ترین خطرهای حلال‌ها

- آتش‌گیری حلال‌ها
- خطر مربوط به ناپایداری حلال‌ها: تنها حلال آلی ناپایدار، سولفید کربن است که در هوا و حتی در اثر برخورد با یک جسم گرم، به خودی خود مشتعل می‌گردد. این ماده هم‌چنین در اثر مخلوط شدن با هوا،

منفجر می‌شود. برخی حلال‌ها مانند اتر، با اکسیژن هوا واکنش داده و به پروکسید ناپایدار تبدیل می‌شوند. سپس در حین تقطیر و یا در اواخر مرحله تبخیر با کم شدن حجم حلال به شدت منفجر می‌گردند. بنابراین پیش از کار کردن با یک حلال خود به خود اکسید شونده، باید بررسی لازم درباره وجود پروکسید در آن به عمل آید (جداول پیوست).

حلال‌های زیر به سرعت پروکسید می‌دهند:

دی‌اتیل‌یک اسید، دی‌ایزو پروپیل‌یک اسید، تراهایدروفوران، دیوکسان، مونوگلیم، ترالین، دکالین، کومن، متیل ایزوبوتیل کتون، ۲ بوتانول.

نحوه بررسی وجود پروکسید در حلال: به ۱۰ میلی لیتر از حلال، یک میلی لیتر محلول تازه تهیه شده از یدید پتاسیم ۱۰٪ اضافه کنید. ایجاد رنگ زرد (آزاد شدن ید) نشان‌دهنده وجود پروکسید است. افزایش چند قطره اسید، ایجاد رنگ را تسریع می‌کند. برای پاکسازی حلال آلوده به پروکسید روشهایی همانند استفاده از محلول اسیدی سولفات فرو و یا اثر لیتیم آلومینیوم هیدراید یا عبور از ستون حاوی آلومین فعال شده وجود دارند. حلال را می‌توان پس از حذف پروکسید، بر روی قطعات ریز سدیم و یا سرند مولکولی و در فضای گاز بی‌اثر و به دور از نور نگهداری کرد.

خطرات مربوط به اثرات سمی حلال‌ها

همه حلال‌ها سمی در نظر گرفته می‌شوند و باید در هنگام کار با آنها جوانب احتیاط را در نظر گرفت. حلال‌های گوناگون سبب ایجاد مسمومیت‌هایی در دستگاه عصبی، کبد، کلیه و جنین شده و در سرطان‌زایی، ناهنجار زایی و اختلال‌های پوستی نقش دارند. قدرت آسیب‌رسانی بعضی حلال‌ها در حضور بقیه افزایش می‌یابد. مثلاً قدرت آسیب‌رسانی هگزان روی سیستم عصبی در حضور متیل‌اتیل‌کتون افزایش می‌یابد. متانول که یکی از متداول‌ترین حلال‌ها است یک سم متمرکز شونده بوده و به شکل انتخابی روی اعصاب چشم اثر کرده موجب کاهش بینایی و حتی کوری می‌گردد. در بین خانواده بزرگ هیدروکربن‌های اشباع شده که حلال هستند، فقط هگزان توانایی مسموم کنندگی سیستم اعصاب محیطی (التهاب عصبی) را دارد!

راههای پیشگیری از خطرات حلال‌ها: بهتر است حلال‌های بسیار خطرناک را از کار حذف کرده و آنها را با موادی با ویژگی هم‌سان ولی اثرات زیان‌بخش کمتر جایگزین کنیم. به عنوان مثال می‌توان هگزان را با برخی دیگر از آلکانهای خطی (پنتان، متیل پنتان، هپتان) یا سیکلوآلکانها (سیکلو هگزان، متیل سیکلو پنتان، متیل سیکلو هگزان) جانشین کرد.

۴- کار با دستگاه‌ها و مواد خاص

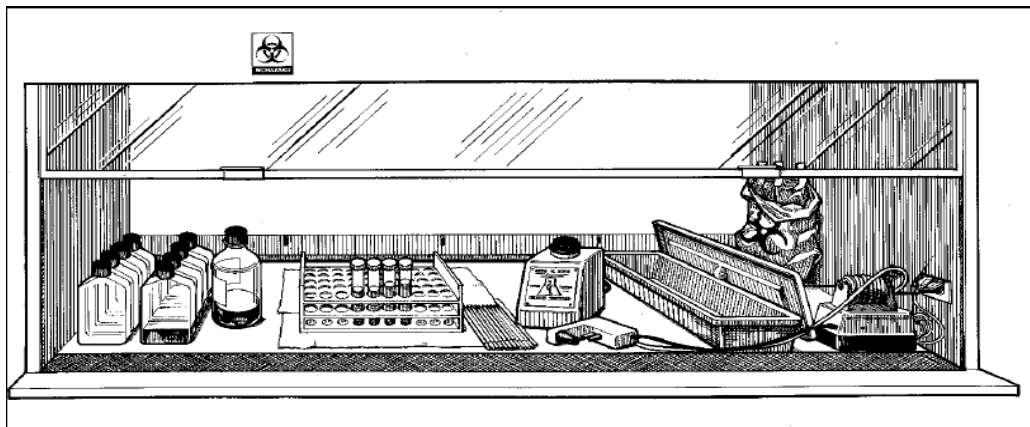
۴-۱- هودهای شیمیایی

- خوب کار کردن یک هود بستگی به سرعت جریان هوا در داخل آن دارد و فاکتورهای مختلفی در سرعت هوای قسمت جلوی هود و داخل آن اثر دارد.
- هود را در جای مناسب و به دور از جریانات شدید هوا نصب کنید.
- درب جلوی هود را همیشه در پایین‌ترین سطح نگه دارید.
- تمامی وسایل غیر لازم و شیشه‌های حاوی مواد شیمیایی را از هود خارج کرده و در قفسه‌های پایینی آن بگذارید. نگهداری این مواد در هود باعث ایجاد بخارات سمی و اختلال حرکت هوا می‌گردد. البته ممکن است هود را فقط برای ذخیره مواد سمی و جلوگیری از پخش شدن بخارات سمی در نظر گرفته باشند!
- از انجام حرکات سریع و ناگهانی دستها یا جا به جا کردن وسایل به نحوی که جریان هوای هود را مختل کند بپرهیزید.
- وسایل مورد نیاز را به نحوی زیر هود بچینید که محل‌های جریان هوا بسته نشوند و از بخش انتهایی هود که محل خروج هوا است به دور باشند.
- حداکثر ۸ سانتی متر از داخل لبه خارجی هود به بعد کار کنید و در هنگام استفاده از مواد شیمیایی دستها در حد امکان در آخرین وضعیت در هود باشند.
- برای اطمینان از کارایی هود، از یک تکه یخ خشک استفاده کنید. در این مورد، درب هود را در پایین‌ترین موقعیت قرار داده و وضعیت حرکت بخارات یخ خشک را بررسی کنید. هنگامی که بخارات ایجاد شده، کمتر در محوطه داخلی پخش شده و بیشتر به سمت مجاری خروج هوا حرکت کنند، می‌توانید از کارایی هود مطمئن گردید.

۴-۲- هودهای میکروبی و کشت سلولی

- همیشه پیش از شروع به کار، داخل هود را با پنبه آغشته به الکل ۷۰٪ با دستمال کاغذی تمیز کنید.
- هفته‌ای دو بار باید هر بار به مدت ۱۵ دقیقه چراغ UV هود را روشن نمایید. مرطوب بودن سطح هود با الکل، اثر اشعه را بیشتر می‌کند. در هنگام انجام این کار لازم است که چراغ‌ها خاموش بوده و کسی در آزمایشگاه نباشد.
- بعد از خاموش شدن UV هود را روشن کرده و ۱۵ دقیقه صبر کنید.

- اعتماد به سیستم فیلتراسیون هوا نباید ۱۰۰٪ باشد. بنابراین همیشه توجه داشته باشید که از ایجاد اثرات سل‌های عفونی بپرهیزید. تمیز بودن به معنای عاری بودن آزمایشگاه از گرد و غبار، تا حد زیادی به بهبود عملکرد هودها کمک می‌کند.
- باید توجه داشت که برای جلوگیری از آلودگی در هود به یک تکنیک بسیار دقیق اسپتیک نیاز است و نباید تنها به عملکرد معجزه آسای هود اتکا کرد!
- ناحیه مجاز در زیر هودها ۱۰ سانتی متر پس از منقذها مکش هوا در جلوی هود است.
- برای جلوگیری از هر گونه رفت و آمد اضافی در حین کار با مواد آلوده، همه وسایل را پیش از شروع به کار آماده کرده و در دسترس بگذارید.
- از جمع کردن و نگهداری وسایل در زیر هود خودداری کنید. این کار سبب اختلال جریان‌های هوای زیر هود می‌شود. وسایل مورد نیاز را روی شبکه‌های توری میز هود قرار ندهید.



- هیچگاه نباید دو نفر همزمان از یک هود استفاده کنند.
- از انجام حرکات سریع و ناگهانی که مخل جریان‌های هوای هود است بپرهیزید.
- در صورت آلوده شدن سطح هود به کشت‌های میکروبی سریعاً موضع را با دستکش و به کمک چندین دستمال آغشته به الکل ۷۰٪ تمیز کرده، مواد آلوده و دستکش‌ها را در ظروف حاوی مواد آلوده بیندازید. در این مورد پس از اتمام کار، استفاده از UV اجباری است. صرف‌نظر از اینکه نوبت قبلی استفاده از UV کی بوده یا خواهد بود!
- پس از اتمام کار همه سطوح داخلی هود را با پنبه الکل ضدعفونی کنید.
- وقتی از هود استفاده نمی‌کنید درب آن بسته باشد.

- به دلیل استفاده از انواع رده‌های سلولی در کشت سلول، که ممکن است میزبان طبیعی یا آلوده به میکروارگانیسم‌های خاصی باشند، وسایل مصرفی و زباله‌های باقیمانده یا معرف‌ها و محلول‌های استفاده شده باید اتوکلاو شده و سپس دور ریخته شوند.

۴-۳-۳-۴- دستگاه‌های تحت فشار

در آزمایش‌های تحت فشار، علاوه بر خطرات احتمالی مربوط به ماده تحت فشار، باید به حوادث مربوط به نشت ماده و انفجار نیز توجه داشت. اتوکلاوها، پمپ‌های هیدروژن، ستون‌های کروماتوگرافی، روتاری و لوله‌های مسدود شده از جمله دستگاه‌ها و وسایل تحت فشارند.

۴-۳-۳-۴-۱- وسایل شیشه‌ای تحت فشار: شیشه‌های خط برداشته و ترک‌دار برای کار مناسب نیستند. بهتر است شیشه‌ها در حفاظ فلزی یا توری قرار داده شوند.

۴-۳-۳-۴-۲- لوله‌های لحیم شده: لوله‌های شیشه‌ای با سر لحیم شده، باید از جنس مقاوم (پیرکس ضخیم و خالص) باشند. هرگز بیش از نصف آنها پر نشود و بهتر است که از یک سوم حجم تجاوز نکند. برای ریختن مواد باید از قیف یا پیپت استفاده کرد تا از خیس و آلوده شدن گردن لوله که قرار است بسته و لحیم شود پیشگیری شود.

پیش از بستن سر لوله هوای داخل آن خارج گردد. ابتدا باید محتویات درون لوله را در یک حمام ازت مایع سرد کرد و سپس سر آن را به پمپ خلاء وصل نمود تا هوای آن خارج گردد. پس از انجام واکنش، لوله و محاذ آن از گرم کننده (حمام روغن یا شن) خارج و در حمام ازت نهاده می‌شود تا سرد گردد. تنها بخش انتهایی لوله از استوانه خارج و در مجاورت مشعل زرگری قرار می‌گیرد تا فشار داخلی آن آزاد گردد. سپس با استفاده از یک لام نازک شیشه‌ای می‌توان بخش لحیم شده را برید.

اگر لوله توسط شیشه‌گر لحیم می‌شود باید وی را از جنس مواد شیمیایی موجود در لوله و خطرات احتمالی آن در کنار شعله آگاه ساخت.

۴-۳-۳-۴- کپسول‌های گاز تحت فشار

- تمام کپسول‌های تحت فشار، اعم از مایع و گاز، بی‌اثر یا سوزاننده، سوختنی، مشتعل شونده در هوا، سمی یا خورنده را باید با احتیاط به کار برد.
- پیش از استفاده از هر کپسولی با توجه به جدول راهنمای پیوست از جنس گاز آن مطمئن گردید.

- وزن کپسول پر شده هیچگاه نباید از مجموع وزن کپسول خالی و حداکثر وزن گاز مجاز برای آن بیشتر گردد. برای این منظور به فشار سنج اعتماد نکنید!
 - درجه فشارسنج روی کپسول هرگز نباید از فشار سرویس (SP) تجاوز کند. این فشار با فشار تجربی هیدرولیک (TP) متفاوت است و رابطه $TP = 1.5 SP$ بین این دو برقرار است.
- در کپسول حاوی کربن اکسید نباید از فشار شکن، لول‌های جانبی و سه راهی‌های نیکل‌دار استفاده کرد زیرا می‌تواند کمپلکس نیکل-کربونیل تشکیل دهد که ۱۰۰ بار از گاز کربن اکسید سمی‌تر است!
- بهتر است کپسول به جای ثابتی متصل گردد.
 - کپسول‌ها باید با چرخ دستی مخصوص حمل گردند. حمل با دست و یا چرخاندن ممنوع است.
 - بستن و باز کردن خطوط گاز با احتیاط انجام گردد. اگر شیر فلکه سفت شده و باز نشود، باید با یک ابر یا پارچه خیس شده با آب گرم، میله آن را به آرامی گرم کرد. استفاده از چکش و ضربه ممنوع است. اگر باز نشد کپسول دیگری را استفاده کنید. پس از استفاده از گاز، پیچ تنظیم فشارشکن را در جایی که شیر انتهایی فشارسنج باز است به آرامی باز کرده و سپس شیر را بدون فشار و زورآزمایی ببندید.
 - هیچ یک از شیرها به ویژه شیر کپسول اکسیژن را چرب نکنید!

۴-۳-۴- دستگاه‌های زیر خلاء

در دستگاهی که خلاء برقرار شده است ورود ناگهانی و سریع یک ماده و یا ایجاد شوک مکانیکی و یا حرارتی می‌تواند تا حد انفجار خطرناک باشد. ورود سریع هوا هم چنین خطری را در پی دارد.

۴-۳-۴-۱- تبخیر در خلاء

به این منظور از دستگاه تبخیر چرخان استفاده می‌شود. باید توجه داشت که بیش از نصف حجم بالن پر نباشد. تبخیر یک تقطیر نیست! بنابراین محلول نباید زیاد گرم شود. به ویژه هنگامی که خطر تجزیه و انفجار ماده باشد نظیر محلولهای حاوی پروکسید، آزید، پیکرات، و پرکلرات. پیش از رسیدن به ماده خشک باید کار را متوقف کرد و قبل از خارج کردن از خلاء باید صبر کرد تا بالن سرد شود. به طور کلی عینک محافظ مناسب استفاده کنید!

قرار دادن یک تله در بین خلاء و دستگاه تبخیر چرخان اجباری است تا از ورود حلال‌های فراری از سرد کن، به پمپ خلاء جلوگیری گردد. روغن موجود در پمپ‌های خلاء برخی گازها را در خود حل می‌کند بنابراین هنگام تعویض این روغن علاوه بر ماسک باید در محلی با تهویه قوی و مناسب کار کرد

۴-۳-۲- صاف کردن در خلاء

ارلن و ظروفی که برای صاف کردن در خلاء به کار می‌روند باید کاملاً سالم بوده و ثابت شده باشد که تحمل مکش‌ها و کشش‌ها را دارند. در مواقعی که فیلتراسیون به خوبی انجام نمی‌شود (مانند ترکیبات کلوییدی) افزایش خلاء، مشکل را برطرف نکرده و سبب انفجار خواهد شد. برای فیلتراسیون از فشار بالاتر از ۵۰۰ mmHg استفاده نکنید.

۴-۳-۳- تقطیر در خلاء و نمک‌گیری در خلاء

این دو مورد نیز نیاز به تمهیدات خاصی دارند که به علت معمول نبودن در پژوهشکده در اینجا ذکر نمی‌شوند.

۴-۴- کار با سانتریفوژ

- دستگاه بر یک سکوی کاملاً تراز و با فاصله مناسب از دیوارها قرار داده شود.
- هرگز دستگاه را از محل آن جا به جا نکنید.
- دستگاه را در محیطی که احتمال اشتعال هست قرار ندهید.
- بر اساس نوع کارتان، روتور، لوله یا ویال مناسب را انتخاب کنید.
- برای تبدیل rpm و g به یکدیگر از این فرمول استفاده کنید: $g = RCF = 1.12 r (rpm/100)^2$ که در آن،

R: شعاع روتور بر حسب سانتی‌متر است.

- مایعات قلیایی و محلول‌های غلیظ سالیین، اجسام Aluminum anodized را تخریب می‌کنند!
- لوله‌های مقابل هم باید هم‌وزن باشند. توجه داشته باشید که هم‌حجم بودن در مورد نمونه‌ای حاوی ذرات جامد گیاه، باکتری و ... به معنای هم‌وزن بودن نیست! در مورد کار با اولتراسانتریفوژ هم‌وزنی در حد میلی‌گرم نیاز است.
- لوله‌ها را به شکل متقارن در روتور بگذارید.
- بسته به نوع حلال مورد استفاده و دور سانتریفوژ، توجه به جنس لوله ضروری است.
- در دستگاه‌هایی که accel و decel قابل تنظیم هستند، کاربر باید سرعت را به آرامی بالا و پایین ببرد.
- تا زمانی که دستگاه به دور مورد نظر نرسیده است، کنار آن بمانید و در صورت ایجاد صدای غیر معمول یا هر اتفتق دیگری دکمه توقف را فشار دهید.
- در صورت شنیدن صدای غیر معمول، سرعت را صفر کرده و بالانس وزنی لوله‌ها را بررسی کنید.

- اگر به علت قطع شدن برق دستگاه خاموش شود، درب آن قفل می‌گردد. در این مورد از مسئول آزمایشگاه بخواهید که قفل آن را به شکل مکانیکی باز کند.
- در هنگام روشن بودن دستگاه‌های یخچال دار، کمپرسور به شکل دائم در حال کار است و نباید درب دستگاه را در فواصل استفاده از آن، باز گذاشت.
- پس از هر بار سانتریفیوژ اطمینان حاصل کنید که دستگاه به مواد آغشته نشده‌اند. در مورد مواد میکروبی، این بررسی لزومی ندارد و باید روتور و محفظه داخلی دستگاه را با پنبه آغشته به الکل ۷۰٪ تمیز کنید. پیش از انجام این کار، صبر کنید که محفظه دستگاه با محیط، هم‌دم گردد. و پس از آن باید محفظه‌های داخلی روتور و محفظه دستگاه را کاملاً خشک کنید.
- همه مواد، چه عفونی و چه غیر عفونی باید در لوله‌های دربسته سانتریفیوژ شوند تا از ایجاد ائروسول جلوگیری کرد.

۴-۵- مایکرو ویو

- امواج مایکرو ویو از دسته امواج الکترومغناطیس (با طول موج ۱۲۰ نانومتر) هستند. در دستگاه مایکرو ویو نیروی الکتریسیته به امواج مایکرو ویو تبدیل می‌گردند. انرژی الکترومغناطیس یکی از پاک‌ترین و بی‌زیان‌ترین منابع ایجا گرما است ولی در کار با دستگاه باید به موارد زیر دقت شود:
- به هیچ وجه نباید وسایل با ضمام فلزی مانند فویل آلومینیومی را داخل دستگاه قرار داد زیرا به محض شروع به کار دستگاه باعث منعکس شدن امواج و ایجاد جرقه می‌گردند. در پوش فلزی ظروف را با درپوش پلاستیکی مناسب عوض کنید.
 - از گرم کردن ظروف کاملاً در بسته یا خشک کردن کاغذ و پارچه توسط دستگاه خودداری کنید. مایعات باید در ظروف در دار یا روکش دار گرم شوند.
 - در حین گرم کردن مایعات، گاهی باید محتویات ظرف را هم زد تا سر نرود.
 - برای خارج کردن ظروف از دستگاه از دستکش یا دستگیره پارچه‌ای مناسب و خشک استفاده کنید.
 - برای جلوگیری از سر رفتن مایعات باید از ظرفی با دو برابر حجم مایع مورد نظر استفاده کرد.
 - درب دستگاه پیش از شروع به کار باید بسته باشد و از کار کردن با دستگاه با درب باز یا نیمه باز خودداری کنید.
 - اگر از کیسه نایلونی برای گرم کردن جسمی استفاده می‌کنید، در کیسه منافذی برای خروج بخار آب ایجاد کنید.

- سطوح داخلی و خارجی دستگاه باید پاکیزه و عاری از مواد شیمیایی و تمیز کننده باشد.
- برای تمیز کردن لکه‌ها و جرم‌های موجود در دستگاه، حدود ۱ لیتر آب را در ظرف شیشه‌ای با حجم مناسب ریخته در دستگاه بگذارید و دستگاه را به مدت ۸-۶ دقیقه با بالاترین قدرت روشن کنید. بخارات آب جوش سبب نرم شدن جرم‌ها شده و سپس به راحتی می‌توانید آن‌ها را با دستمال تمیز و مرطوب پاک کنید.

۶-۴- دستگاه مولد پرتو UV

اثرات پرتو UV با طول موج ۲۵۴ نانومتر بر پوست شامل ایجاد سوختگی و لکه‌های پوستی و بسته به حساسیت شخص و طول دوره تماس سرطان پوست می‌گردد. اثرات این پرتو در چشم شامل تورم، آب مرواریدی و سوختگی شبکیه است. در هنگام کار با دستگاه‌های مختلف مولد UV رعایت موارد زیر الزامی است:

- پوشاندن تمامی قسمت‌های پوست با پوشش مناسب و دستکش‌های محافظ، مخصوصاً زمانی که از UV دستی استفاده می‌گردد.
- استفاده از عینک یا ماسک محافظ مناسب!
- شیشه و اشیاء کدر پرتو را جذب می‌کنند. حتماً بین پوست و چشم شما مانع شیشه‌ای یا کدر قرار داشته باشد.

۷-۴- نیتروژن مایع

- نیتروژن مایع، بی‌رنگ و بی‌بو و بسیار سرد بوده و نقطه جوش آن 196°C - است و در صورت تماس پوستی سبب ایجاد سوختگی شدید می‌گردد.
- برای حمل و نقل نیتروژن مایع از ظروف مخصوص استفاده کنید. این ظروف را باید به آهستگی و حداکثر تا $2/3$ حجم آن‌ها پر کرد تا از وارد شدن شوک شدید سرمایی به ظرف جلوگیری گردد.
- از تماس پوستی با وسایلی که در تماس با نیتروژن مایع بوده‌اند بپرهیزید.
- استفاده از دستکش و عینک مخصوص در موقع کار با نیتروژن مایع اجباری است.
- هرگز درب ظرف انتقال نیتروژن مایع را کامل نبندید. چرا که فشار درونی به علت بخارات نیتروژن بسیار بالا خواهد رفت و ممکن است ظرف آسیب دیده و حتی منفجر گردد!
- نیتروژن مایع، بی‌رنگ، بی‌بو، بی‌مزه و کشنده است! این ماده به سرعت میزان اکسیژن محیط یا بافت یا هر بخش در معرض را کاهش داده سبب ایجاد اختناق می‌گردد. بنابراین هرگز نباید برای کنترل میزان آن داخل ظرف را نگاه، مزه یا بو کرد چرا که به سرعت استنشاق می‌گردد. تانک نیتروژن مایع باید در محلی با تهویه

مناسب نگهداری گردد. تبخیر نیتروژن مایع اکسیژن محیط را به شدت کم کرده سبب سرگیجه و بیهوشی می‌شود. پس در محیط در بسته با آن کار نکنید.

- ظروف شیشه‌ای در بسته را در نیتروژن مایع نیندازید.
- ظروف پلاستیکی را با استفاده از گیره‌های فلزی یا چوبی از ظرف نیتروژن مایع خارج کنید.
- باقیمانده نیتروژن مایع را به ظرف برنگردانده و در محیط‌های باز روی زمین بریزید.
- ظروف نگهداری نیتروژن مایع در جای تمیز و خشک و بدون رطوبت، مواد تمیز کننده و مواد شیمیایی و سایر خوردنده‌های شیمیایی نگه داشته و این ظروف را با آب یا مایع ظرفشویی بسیار رقیق شسته آبکشی کرده و خشک نمایید.
- میزان بخار شدن نیتروژن مایع بسته به زمان موقعیت و شکل ظروف نگهداری و نحوه استفاده متفاوت است. باز و بسته نمون پی در پی یا حرکت دادن ظرف، از میزان سرمازایی آن می‌کاهد.
- در موارد ایجاد سرگیجه یا بیهوشی، شخص را به محیطی باز برده و در صورت نیاز تنفس مصنوعی داده، گرم نگه دارید تا پزشک برسد.
- در موارد تماس پوستی، باید محل آسیب دیده را با دمای طبیعی بدن هر چه بیشتر گرم نگه داشت، پوشش ناحیه را از روی پوست بردارید و ناحیه آسیب دیده (دست، پا ...) را در حمام آب با دمای ۴۵-۴۲ درجه سانتیگراد غوطه‌ور کنید.

۵- مقررات ویژه آزمایشگاه میکروبیولوژی پژوهشکده گیاهان و مواد اولیه دارویی

- ۱ - پیش از شروع به انجام هر کاری در آزمایشگاه میکروبیولوژی، استاد خود و مسئول آزمایشگاه را از وجود حساسیت‌های پوستی یا تنفسی خاص آگاه نمایید.
- ۲ - هنگام ورود به آزمایشگاه به منظور انجام آزمایش‌های میکروبی، روپوش مخصوص آزمایشگاه را استفاده کرده و هنگام خروج از آزمایشگاه، آن را تعویض کنید.
- ۳ - هنگام انجام آزمایش‌های میکروبی، هیچگونه کار آزمایشگاهی دیگری در سایر آزمایشگاه‌های پژوهشکده انجام ندهید.
- ۴ - پیش از شروع به کار و پس از اتمام آن، سطح سکو یا هود را با دستمال کاغذی آغشته به الکل ۷۰٪ تمیز کنید. بدین منظور دستکش بپوشید و پس از اتمام کار دستکش را در ظرف اتوکلاو بیندازید.
- ۵ - پیش از شروع به کار و پس از اتمام آن، دست خود را با الکل ۷۰٪ ضد عفونی کنید. دست‌های آلوده شده با مواد عفونی را با بتادین شسته و پس از ۱۰-۵ دقیقه با آب و صابون بشویید.
- ۶ - هیچ‌گونه ظرف حاوی ماده، کشت میکروبی، محیط کشت و ... را بدون درج نام خود و تاریخ در یخچال، فریزر، انکوباتور، هود یا سکوی آزمایشگاه قرار ندهید. هر گونه ظرف بدون نام اوت خواهد شد.
- ۷ - کشت‌های میکروبی را تنها زیر هود و در صورت نیاز، روی سکوی روبروی آن در کنار شعله انجام داده و پس از اتمام کار هیچگونه پلیت، لوله‌ی آزمایش یا ظرف آلوده را بر روی سکو یا زیر هود باقی نگذارید. پس از انجام کار خود سطل‌های مخصوص درون هودها را خالی کرده و کیسه فریزر نو در آن‌ها قرار دهید. حتی اگر پر نباشند!
- ۸ - تنها کشت‌های میکروبی که درون یخچال نگهداری خواهند شد کشت‌های استوک خواهند بود. هر گونه پلیت یا محیط کشت مایع حاوی باکتری را که "استوک" نباشد در پایان کار در سبد "اتوکلاو" که زیر هود قرار دارد، قرار دهید. هر گونه کشت میکروبی غیر استوک که درون یخچال باشد اوت خواهد شد.
- ۹ - ظروف حاوی محیط کشت‌های استریل را بلافاصله پس از استفاده شسته و در آبچکان قرار دهید تا از آلوده شدن آنها جلوگیری شود.

۱۰- هیچگونه ظرف یا وسیله دیگر را از آزمایشگاه خارج نکرده و هیچگونه ظرف یا وسیله‌ی مربوط به سایر آزمایشگاه‌ها را به آزمایشگاه میکروبیولوژی نیاورده و یا در آن باقی نگذارید.

۱۱- نکات ایمنی کار با اتوکلاو:

- سطح آب درون دستگاه نباید از صفحه فلزی دیگ داخلی بالاتر باشد.
- پیچ‌های درب دستگاه باید کاملاً محکم باشند. پیچ‌های رو به روی هم را همزمان ببندید تا یکنواخت بسته شوند.
- استفاده از دماها و زمانهای بیش از آنچه که برای کار شما نیاز است، تفاوتی در نتیجه نمی‌دهد. برای از بین بردن DNA بیست دقیقه در ۱۲۱ درجه و برای از بین بردن RNA ۴۵ دقیقه در ۱۲۱ درجه کافی است.
- یک سوم حجم اسمی ظروف حاوی محلول‌ها و کشت‌ها باید خالی باشد.
- درب‌های ظروف در پیچ دار را کامل نبندید. بلکه کمی شل بگذارید تا بخار آب به راحتی از ظرف‌ها خارج گردد.
- هیچ‌گاه پیش از اطمینان از صفر شدن فشار بخار دستگاه، درب آن را باز نکنید.

۱۲- سطوح آلوده شده با مواد عفونی را به این ترتیب پاکسازی کنید: سطح آلوده را با دستمال کاغذی یا روزنامه بپوشانید. سپس محلول ۱۰٪ وایتکس را روی آن ریخته و بعد از بیست دقیقه محل را تمیز کنید.

۶- مقررات ایمنی کار با خون و فرآورده‌های آن و بافت‌های انسانی و جانوری

نمونه‌های خونی مورد آزمایش از جهت احتمال همراه بودن با انواع ویروس‌های بیماری‌زای انسانی بسیار خطرناک هستند. مشخص شده است که در ۱ml از خون بیمار مبتلا، ۱۵۰۵۰ پیکره ویروس HIV و حدود 10^6 تا 10^9 ذره هیپاتیت B وجود دارد. ذرات ویروسی HBV بر خلاف ذرات ویروسی HIV قادرند در خارج بدن موجود زنده به مدت چندین روز زنده بمانند. تعداد ذرات ویروسی HCV در خون بیماران نیز ۱۰ برابر ذرات ویروسی HIV است. مسلماً رعایت نکات ایمنی در آزمایشگاه‌های فوق ضروری بوده و هرگونه بی احتیاطی می‌تواند خطرات بالقوه جبران ناپذیری را در بر داشته باشد.

۱- آزمایشگاه تحقیقاتی مربوط به نمونه‌های خونی باید در مکان مشخص و جدا از سایر بخش‌های آزمایشگاهی ساخته شود.

۲- افراد در ارتباط با این نمونه ها بایستی واکسینه شده و در مواقع بروز حادثه فرم های مخصوصی را پر کنند و در فرم های مذکور علل بروز حادثه ذکر گردد.

۳- پوشیدن دستکش ، لباس های مناسب آزمایشگاهی ، شستشوی مداوم دست ها، استفاده از کفش های مخصوص و رو بسته و عدم استفاده از لنز و مواد آرایشی ضروری است.

۴- استفاده از هودهای بیولوژیک در حین کار توصیه می گردد. میز کار توسط **benck- cover** (متشکل از یک لایه پلاستیک و بخش جاذب رویی) پوشیده شود و بعد از اتمام کار، پوشش فوق جمع شده و اتوکلاو گردد.

۵- در صورت آلوده شدن میزهای آزمایشگاه به خون، میز و یا جایگاه آلوده باید توسط ماده ضد عفونی کننده آب ژاول ۱۰٪ سود ۰/۰۵ مولار و SDS ۰/۰۵٪ ضد عفونی شده و سپس با آب آبکشی گردد.

۶- نمونه های آلوده پس از علامت گذاری اتوکلاو گردند.

۷- پاکسازی منظم و دوره ای محل کار ضروری است.

نانومواد:

خطرات بالقوه بهداشتی

فناوری نانو حوزه‌ای در حال رشد و گسترش است. اما کاربردها و محصولات جدید حاصل از این فن‌آوری همراه با گسترش و خلق فرصت‌های جدید برای ایجاد صنایع، ممکن است اثرات زیان‌آوری نیز بر سلامت انسان و محیط زیست تحمیل کنند.

امروزه به علت مشاهده خواص بسیار متفاوت مواد در ابعاد نانو، نانومواد در بیشتر عرصه‌های تحقیقاتی و صنعتی مورد توجه هستند. اما دانشمندان و محققان در حیطه علم نانو به واسطه جدید بودن این زمینه از دانش و کافی نبودن تحقیقات، نگران پیامدهای استفاده از نانومواد بر محیط زیست (گیاه، حیوانات و انسان) به طور مستقیم و غیرمستقیم هستند.

رفتار نانوذرات کاملاً متفاوت از ذرات دارای ابعاد بزرگتر با جنس و ماهیت یکسان است. بین کوچک شدن اندازه و افزایش سمیت رابطه مستقیمی وجود دارد و علت آن نیز افزایش نسبت سطح به حجم در نانومواد است. نانوذرات به راحتی می‌توانند به درون بافت‌ها نفوذ کنند. برای مثال، نانوذرات می‌توانند عمیقاً در بافت ریه نفوذ کرده و حتی از سد خونی مغزی عبور کنند و درون یک اندام تجمع پیدا کنند. مطالعات تجربی روی جوندگان و کشت‌های سلولی نشان داده است که ذرات بسیار ریز یا نانوذرات نسبت به جرم مساوی از ذرات درشت‌تر با ترکیب شیمیایی مشابه به واسطه ویژگی‌های سطحی بالا، دارای سمیت بسیار بیشتری هستند. علاوه بر سطح ذره، خصوصیات دیگری مثل میزان حالیت، شکل و شیمی سطح ذره در میزان سمیت آن تأثیرگذار است.

از آنجایی که به طور کامل نتایج و عوارض استفاده از ترکیبات نانو مشخص نیست و احتمال سمیت شدید این مواد به ویژه نانومواد با ابعاد پایین از ۱۰۰ نانومتر، پیش‌بینی می‌شود، تمامی مراکز بین‌المللی نانو بر رعایت قوانین و دستورالعمل‌های ایمنی توصیه‌شده اکید نموده‌اند. هم‌چنین نانومواد سنتزی که ویژگی‌های آنها به درستی تعیین نشده باشد و حاوی ذرات با اندازه‌های متنوع باشند پتانسیل خطر بیشتری دارند زیرا نانومواد در اندازه‌های مختلف رفتارها و پیامدهای بیولوژیک متفاوتی را خواهند داشت.

اثرات بالقوه زیست محیطی

نانوذرات می‌توانند خطرات بالقوه مختلفی بر محیط زیست داشته باشند. به طور مثال اگر چه نانوذرات نقره خاصیت باکتری‌کشی دارشته و فواید بسیاری برای حذف آلودگی‌های زیست محیطی دارند اما متأسفانه جمع‌کثیری از باکتری

های مفید محیط زیست نیز دستخوش خاصیت باکتری کشی نانوذرات نقره می شوند. نانوذرات وارد شده به آب، خاک و هوا، حتی اگر خود خطرناک نباشند، می توانند با دیگر مواد خطرناک واکنش دهند و یا باعث انتقال آنها شوند. خطر های بالقوه نانو ذرات بر روی محیط زیست از دو عامل اساسی زیر ناشی می شود:

- اندازه غیر قابل رؤیت ذرات در حال انتشار.

- سطح ویژه بالا، ساختار کریستالی و واکنش پذیری فوق العاده.

راهنماهای عمومی برای کار با نانومواد :

فعالیت های جاری در محیط های کاری نانو ممکن است شامل موارد زیر باشد:

دریافت و باز کردن بست های مواد، کلیه فرآیندهای تولید و تمیز کاری، عملیات آزمایشگاهی، انبارش، بسته بندی و حمل، فعالیت های مربوط به مدیریت پسماندها، فعالیت های مربوط به تعمیر و نگهداری و ایجاد ضبط و ربط، موارد تصادفی که تا حدودی قابل پیش بینی هستند و سایر جابجایی های مواد و کارکنان به داخل یا بیرون از محیط کار. در خصوص مواجهه با نانوذرات مهندسی شده، داده های اندازه گیری شده کمی وجود دارد. بطور کلی، فرآیندهای تولید نانومواد در فاز گازی در سیستم های باز، به شکل پودر یا محلول در فاز مایع، خصوصاً در زمان مخلوط کردن در جایی که تکان های بسیار شدید لازم است، بیشترین احتمال آزاد شدن نانوذرات به شکل آئروسول را دارند. بعلاوه، تعمیر و نگهداری سیستم های تولید، تمیز کردن و تخلیه م اد از سیستم های جمع کننده نانوذرات ممکن است سبب مواجهه با نانوذرات در اثر پخش شدن مجدد نانومواد ته نشین شده شوند. به همین خاطر قبل از اقدام به تعمیر و تمیز کاری تجهیزات یا خارج کردن آنها از محیط کار باید کاملاً از آنها رفع آلودگی شود.

مسیرهای مواجهه

راه های ورود نانومواد به بدن

معمول ترین، مهمترین و خطرناک ترین مسیر مواجهه با نانومواد راه استنشاق است. ذراتی که قادر به جایگزین شدن در ناحیه تبادل گازی ریه ها هستند بعنوان ذرات قابل تنفس شناخته می شوند.

✓ تولید نانومواد در فاز گازی در سیستم های باز موجب افزایش تولید نانوائروسول در محیط آزمایشگاه می شود.

✓ توزین و انتقال مواد نانو به صورت خشک و پودری، خطر ورود این ترکیبات از طریق سیستم تنفسی را افزایش می‌دهد.

✓ کار با نانومواد حتی به شکل مایع یا سوسپانسیون در حین مخلوط کردن، سانتریفیوژ، ... احتمال تولید قطرات در ابعاد بسیار پایین و خطر تنفس آنها وجود دارد.

راه دیگر مواجهه از طریق بلع و تماس پوستی است که عمدتاً در اثر تماس غیر عمودی دست با دهان و یا جذب از طریق پوست رخ می‌دهد. به همین دلیل کاهش مواجهه پوستی و کنترل خوب مسیر پوست می‌تواند تا حد زیادی ورود نانومواد از طریق بلع را نیز کاهش دهد. بلع نانومواد هم‌چنین ممکن است به دنبال مواجهه از راه استنشاق و همراه با خلط صورت گیرد.

دسته بندی نانومواد :

- ذرات خشک
- معلق در گاز (نانوآئروسول)
- معلق در مایع (نانوکلوئید، نانوهِیدروسول، نانوامولسیون)
- به صورت یک ماتریکس یکپارچه (نانوکامپوزیت)
- نانوتیوب، نانوپلیت و نانوفیبر

دسته بندی نانومواد براساس میزان سمیت:

نانومواد خطرناک

هر نانوماده ای که مطابق تعریف ارائه شده در قوانین فدرال آمریکا جزء مواد خطرناک محسوب شده و می‌تواند در یکی از گروه‌های نه گانه مواد خطرناک دسته بندی شود، باید بر اساس قوانین ، ماده خطرناک بسته بندی، علامت گذاری، برچسب زنی و حمل گردد.

نانومواد مشکوک

نانوموادى که خطرناک بودن آنها هنوز محرز نشده است باید مشابه نانومواد خطرناک دسته بندی، برچسب زنی و علامت گذاری شوند.

سایر نانومواد

شامل آن دسته از نانومواد است که در دو گروه فوق قرار نمی‌گیرند اما همچنان ممکن است در هنگام حمل و نقل و در اثر نشت، سبب به خطر افتادن سلامتی و ایمنی کارکنان در معرض شوند. بنابراین، هرگونه حمل و نقل مواد بدون توجه به اینکه جزء مواد خطرناک هستند یا خیر باید در ظروف مناسب برای گروه خطرناک انجام شوند.

تحقیقات نشان داده است که ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نانومواد نقش تعیین‌کننده‌ای بر اثرات زیستی آنها دارد.

برخی از این ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی عبارتند از:

- اندازه
- بار
- شکل
- حلالیت
- درجه انباشتگی (agglomeration, aggregation)
- شیمی سطح نانومواد (پوشش سطحی)

ریسک بالقوه بهداشتی ناشی از مواجهه نانومواد به عوامل متعددی وابسته است از جمله:

۱. شدت آلودگی و مدت زمان قرارگرفتن فرد در معرض نانومواد (طول مدت مواجهه)
۲. میزان ماندگاری نانومواد در بدن
۳. سمیت ذاتی ترکیب نانو مورد استفاده
۴. میزان حساسیت، مقاومت و وضعیت سلامت فرد در برابر مواد سمی

تجهیزات ایمنی

✓ آزمایشگاه کار با نانومواد باید تهویه مناسب داشته باشد و تمامی مراحل کار، که احتمال تولید آئروسول (مایع یا گاز) وجود دارد، زیر هود شیمیایی مناسب و کارا انجام شود.

- ✓ کار با نانومواد خشک روی میز باز اکیدا ممنوع است.
- ✓ استفاده از ماسک N-95 و یا بالاتر به هنگام کار با نانومواد خشک با سایز کوچکتر از ۱۰۰ نانومتر اجباری است.
- ✓ استفاده از محافظ‌های یکبار مصرف برای سطح میز کار در آزمایشگاه‌های نانو ضروری است.

تجهیزات زیر که در مواقع اضطراری کاربرد خواهند داشت باید تهیه شده و از تناسب، سالم بودن و در دسترس بودن آنها اطمینان حاصل شود:

- چشم شوی
- دوش ایمنی
- خاموش کننده ها
- کیت کمک های اولیه

اقدامات لازم به هنگام ریخت و پاش مواد نانو

بیشترین ریسک مواجهه با نانوذرات در زمان تمیز کردن ریخت و پاش‌ها، مواجهه از طریق تنفس و پوست است. به همین دلیل تأمین سطح مناسبی از حفاظت از طریق استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مثل ماسک تنفسی، دستکش و لباس حائز اهمیت است. مواجهه از طریق تنفس بطور ویژه ای تحت تأثیر میزان احتمال پخش شدن مجدد مواد در هوا است. با توجه به همین دیدگاه است که گرد و غبار نسبت به مایعات و مایعات نسبت به مواد یا ساختارهای نانویی کپسول شده یا تثبیت شده پتانسیل مواجهه بیشتری دارند.

تمیز کردن ریخت و پاش‌ها با استفاده از تجهیزات مناسب

- جهت کاهش احتمال انتشار نانوذرات به سایر نقاط، از یک کف پایی در خروجی محوطه محصور شده، در زیرپای افراد درگیر در عملیات تمیز کردن استفاده شود.
- برای تمیز کردن محوطه آلوده از روش تر استفاده کنید. چون تمیز کردن به روش خشک سبب انتشار بیشتر نانوذرات به محیط خواهد شد. تجهیزات مناسب دیگر نیز در این عملیات قابل استفاده هستند مانند مکنده‌های مجهز به فیلترهای HEPA –

- استفاده از هوای تحت فشار ممنوع است.

هنگام استفاده از این تجهیزات توجه به موارد زیر ضروری است:

مطمئن شوید فیلترهای HEPA به درستی نصب شده و کیسه ها و فیلترها در زمان‌های توصیه شده از سوی سازنده تعویض شد اند. در صورت امکان از مکنده‌های ویژه جمع آوری نانومواد با فیلترهای HEPA استفاده نمائید و روی آنها برچسب " قابل استفاده فقط برای تمیز کردن ریخت و پاش نانومواد نصب کنید. جهت ثبت نوع مواد جمع‌آوری شده و جلوگیری از ترکیب احتمالی نانومواد ناسازگار در دستگاه مکنده و فیلترها از یک کارت بر روی دستگاه مکنده استفاده نمائید.

حداقل دستورالعمل‌های ایمنی:

دانستن و رعایت تمامی دستورالعمل‌های ایمنی برای هر فردی که در آزمایشگاهی که نانومواد ذخیره و استفاده می‌شوند مشغول به کار است، الزامی است:

- ✓ شستشوی کامل دست‌ها با آب و شوینده بلافاصله بعد از در آوردن دستکش، بویژه هنگام خروج از آزمایشگاه
- ✓ دستکش مناسب مهم‌ترین بخش ایمنی است، دستکش یکبار مصرف حاوی لاتکس و نیتریل توصیه شده است. استفاده از دو جفت دستکش به هنگام کار با مواد بسیار سمی توصیه می‌شود.
- ✓ استفاده از عینک آزمایشگاه ضروری است. اگر فردی از عینک طبی استفاده می‌کند، شستشوی عینک قبل از خروج از آزمایشگاه الزامی است.
- ✓ روپوش کار با مواد نانو هرگز نباید برای شستشو به منزل برده شود، چون موجب انتقال آلودگی می‌شود. چنین روپوشی باید به طور جداگانه به اتوشویی دانشگاه برده شود و یا تجهیزات لازم برای تمیز کردن بهداشتی و ایمنی لباسهای کثیف و آلوده در محیط کار فراهم گردد.
- ✓ استفاده از لباس و یا روپوش پشمی در آزمایشگاه نانو ممنوع است.
- ✓ به هنگام آلوده شدن میز و یا کف آزمایشگاه با محلول و یا مایعات حاوی ترکیبات نانو سریعاً سطوح را با آب فشار بالا و شوینده مناسب (۱۵ دقیقه و یا ۳ بار) تمیز کنید.
- ✓ نصب روشویی و دوش در محیط کار امکان تمیز کردن و رفع آلودگی پوستی را فراهم می‌کند.
- ✓ خوردن، آشامیدن و سیگار کشیدن در محیط کار، جز در مکان‌های تعیین شده، ممنوع است.

✓ کمدهای لباسهای شخصی و لباسهای کار مجزا از هم و در دو مکان جداگانه باشند.

ضبط و ربط در محیط کار

ضبط و ربط خوب در محیط کار یعنی رفع کامل و بموقع آلودگی از کف، دیوارها، سقفها، دربها، پلهها، میزها، صندلیها، ماشینآلات و تجهیزات و ابزار. هدف از ضبط و ربط در محیط کار، پیشگیری از تجمع نانوذرات، پخش شدن مجدد آنها در هوا، تماس مستقیم با پوست و ورود تصادفی به بدن از طریق بلع و یا پیشگیری از خطر انفجار در مکانهایی که پودر فلزات استفاده می شود است. اگر فعالیتهای مورد نیاز برای ایجاد ضبط و ربط به درستی انجام نشود خود می تواند منبع مهمی برای مواجهه افراد با نانوذرات باشند. به همین دلیل تهیه آئین نامه های استاندارد کارکردن با ذکر زمان، روش و سطح مورد نظر ضبط و ربط ضروری است.

فهرست منابع:

۱- آندره پیکو و فیلیپ گرونویه. ترجمه اسکندر علیپور و مرجان علیپور. ایمنی در آزمایشگاههای شیمی و زیست شیمی. مرکز نشر دانشگاهی. چاپ اول ۱۳۸۲

۲- دستورالعمل ایمنی زیستی بخش بیوتکنولوژی انستیتو پاستور ایران

۳- دستورالعمل ایمنی زیستی گروه علوم زیستی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه اصفهان

- 4- Vishwakarma, V., S. Samal, et al. (2010). "Safety and risk associated with nanoparticles-a review." *J Mineral and Mat Char Eng* **9**: 455-459.
- 5- Nanoparttichel safety guide, The University of TEXAS.
- 6- Gilbert, N. (2009). "Nanoparticle safety in doubt." *Nature* **460**(7258): 937.
- 7- Working Safely with Nanomaterials in Research & Development, The UK Nanosaftey Partnership Group

جدول ۱: فهرست مواد شیمیایی ناپایدار

مثال	عامل	نوع اتصال
آب اکسیژنه (H-O-O-H)	پروکسی	$-\overset{-}{O}-O-\overset{-}{O}-$
سدیم پروکسید	پروکسیدهای فلزی	$-\overset{-}{O}-O-\overset{-}{O}-2M^{+}$
ترسیوبوتیل هیدروژنوپروکسید	هیدروپروکسید	$-O-OH$
دی ترسیوبوتیل پروکسید	پروکسید	$R-O-O-R'$
پراستیک اسید	پراسید	$RC-O-O-O-R-COOO-H$
پراستیک انیدرید	پرانیدرید	$(R-CO-O)_2$
تربوتیل پربنزوات	پراستر	$R-COOOR'$
تربوتیل هیپوکلریت	هیپوهالید	$R-O-X$
اوزون (O ₃)	اوزونید	$-\overset{-}{O}-O-\overset{-}{O}-$
پرکلریک اسید	پرکلرات	ClO_4^{-}
پرکلراتهای آلی و غیرآلی		
تری نیتروگلیسرول	نیترات آلی	$R-O-N^{+} \begin{array}{l} \diagup O^{-} \\ \diagdown O \end{array}$
تترانیترومتان	پلی نیترو	$R-\left[-N^{+} \begin{array}{l} \diagup O^{-} \\ \diagdown O \end{array} \right]_n$
تری نیترو تولوئن (TNT)		
جیوه فولمینات ^۱	فولمینات	$O^{-}-N^{+} \equiv C^{-}M^{+}$
کلر آمین	آمین هالید	$>N-X$
هالوایمید: N-برمواستامید		
بنزن دی آزونیوم کلرید	نمک دی آزونیوم	$-N^{+} \equiv N X^{-}$
نقره آزید	آزید	$^{-}N \equiv N^{+} = N^{-}M^{+}$
ید آزید		
نقره استیلید	استیلید	$-C \equiv C^{-} M^{+}$

۱. فولمینات جیوه $Hg(C \equiv N^{+} O^{-})$ که به عنوان چاشنی مواد منفجره به کار می‌رود، در دمای بالاتر از $85^{\circ}C$ منفجر می‌شود. این ترکیب، به‌ویژه، به ضربه بسیار حساس است.

جدول ۲: فهرست مواد شیمیایی ناسازگار

تولید گاز سمی	شعله‌ور شدن خودبه‌خودی	واکنش انفجاری	واکنش گرمازا یا تولید ماده قابل انفجار	مواد یا گروه‌های شیمیایی ناسازگار	مواد یا گروه‌های شیمیایی
		+		نقره، جیوه و مس	استیلین و استیلنیهای حقیقی
+			+	آب بازهای معدنی سیانیدها آزوتیدها سولفیدها هیپوکلریتها	اسیدهای معدنی قوی
+			+	آب اسیدهای قوی فسفر	بازهای معدنی قوی
	+	+	+	ترکیبات سیرنشده مواد کربونیل‌دار اتر معمولی آمونیاک فسفین، سیلان، فسفر	برم کلر
	+		+	آب هوا، اکسیژن	ترکیبات آلی فلزی
	+		+	هوا، اکسیژن	هیدریدهای نافلزات
	+		+	هوا، اکسیژن آب	هیدریدهای قلبایی و قلبایی خاکی

جدول ۲: فهرست مواد شیمیایی ناسازگار

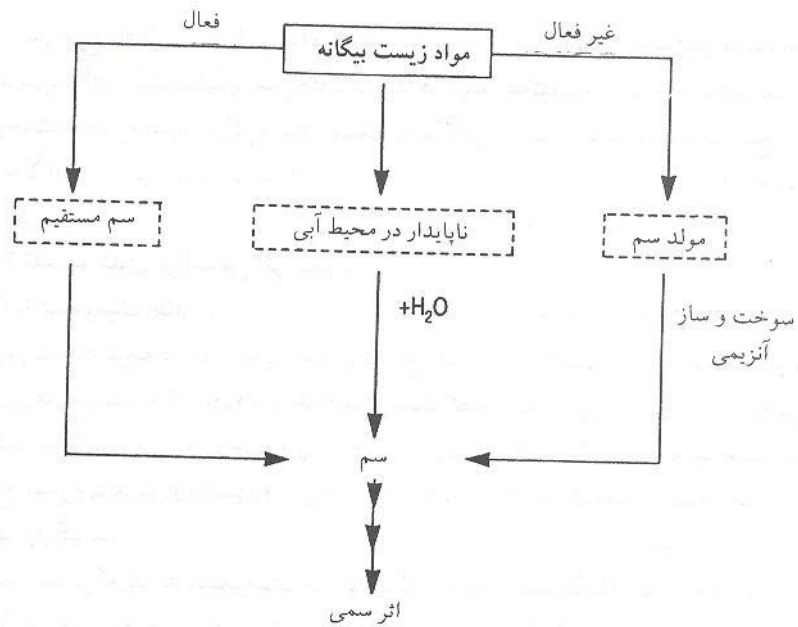
مواد یا گروههای شیمیایی	مواد یا گروههای شیمیایی ناسازگار	واکنش گرمای یا تولید ماده قابل انفجار	واکنش انفجاری	شعله ور شدن خودبه خودی
استیلن و استیلنیهای حقیقی	نقره، جیوه و مس		+	
اسیدهای معدنی قوی	آب بازهای معدنی سیانیدها آزوتیدها سولفیدها هیپوکلریتها	+	+	
بازهای معدنی قوی	آب اسیدهای قوی فسفر	+	+	
برم کلر	ترکیبات سیر نشده مواد کربونیل دار اتر معمولی آمونیاک فسفین، سیلان، فسفر	+	+	+
ترکیبات آلی فلزی	آب هوا، اکسیژن	+	+	+
هیدریدهای نافلزات	هوا، اکسیژن	+	+	+
هیدریدهای قلیایی و قلیایی خاکی	هوا، اکسیژن آب	+	+	+

جدول ۲: فهرست مواد شیمیایی ناسازگار

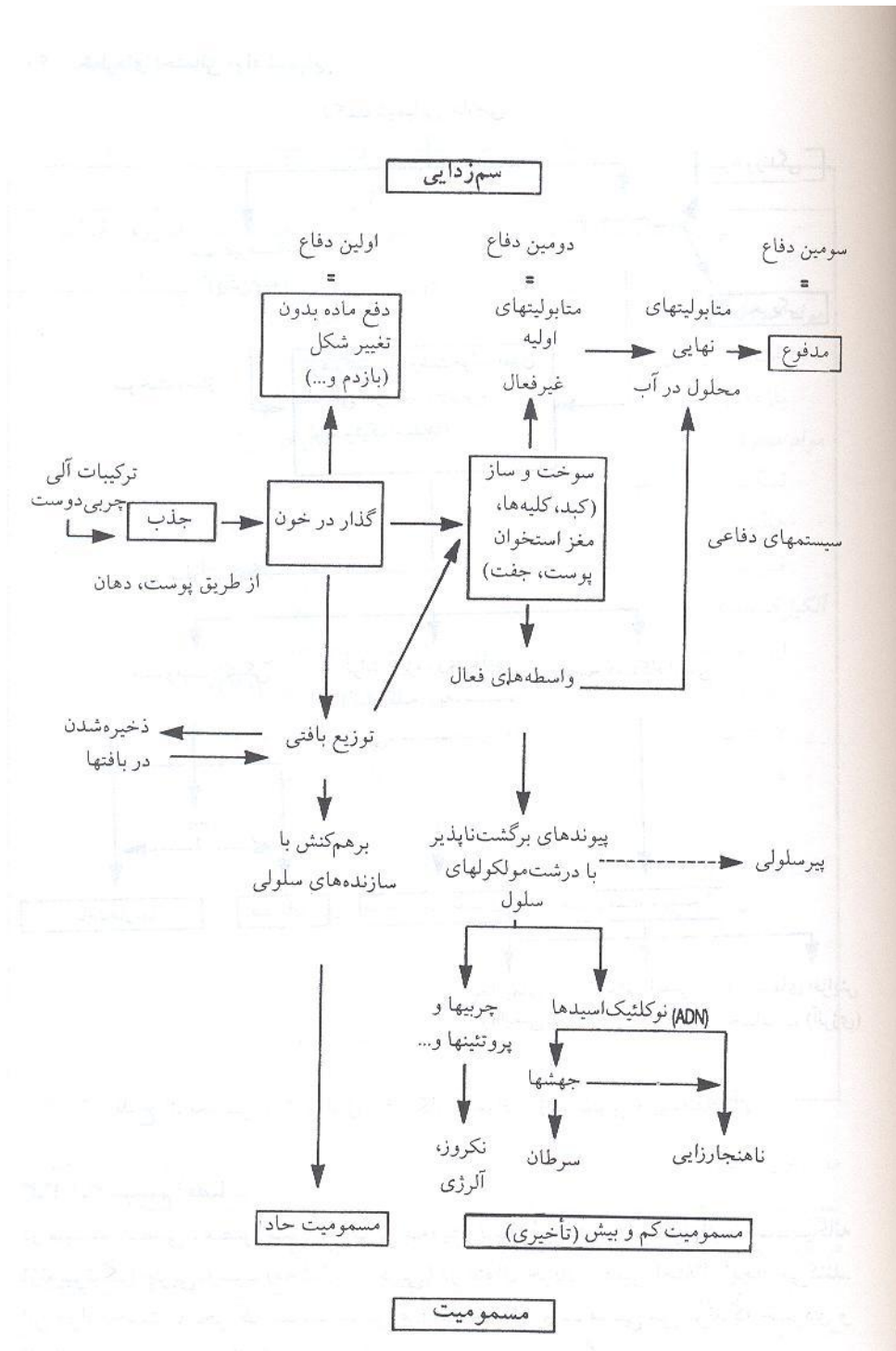
تولید گاز سمی	شعله ور شدن خود به خودی	واکنش انفجاری	واکنش گرمازا یا تولید ماده قابل انفجار	مواد یا گروههای شیمیایی ناسازگار	مواد یا گروههای شیمیایی
		+	+	استیلن آمونیاک هالوژنها فلزات قلیایی گوگرد	جیوه
	(+) (+)	+	+	آب الکها هالوژنها هالیدها	فلزات قلیایی
+	+			هوا، اکسیژن کربونیل	کمپلکس فلز- کربونیل
		+		بازهای معدنی	نیتروآلکانها نیتروآرنها
	+		+	ترکیبات آلی سیرنشده کاهنده‌ها	اکسنده‌های قوی (KMnO_4) نمکهای کروم , O_3 , VI (H_2O_2)
+	+	+	+	هوا، اکسیژن بازهای معدنی اکسنده‌ها هالوژنها	فسفر

جدول ۷ محدوده اشتعال (یا انفجار) چند ماده شیمیایی

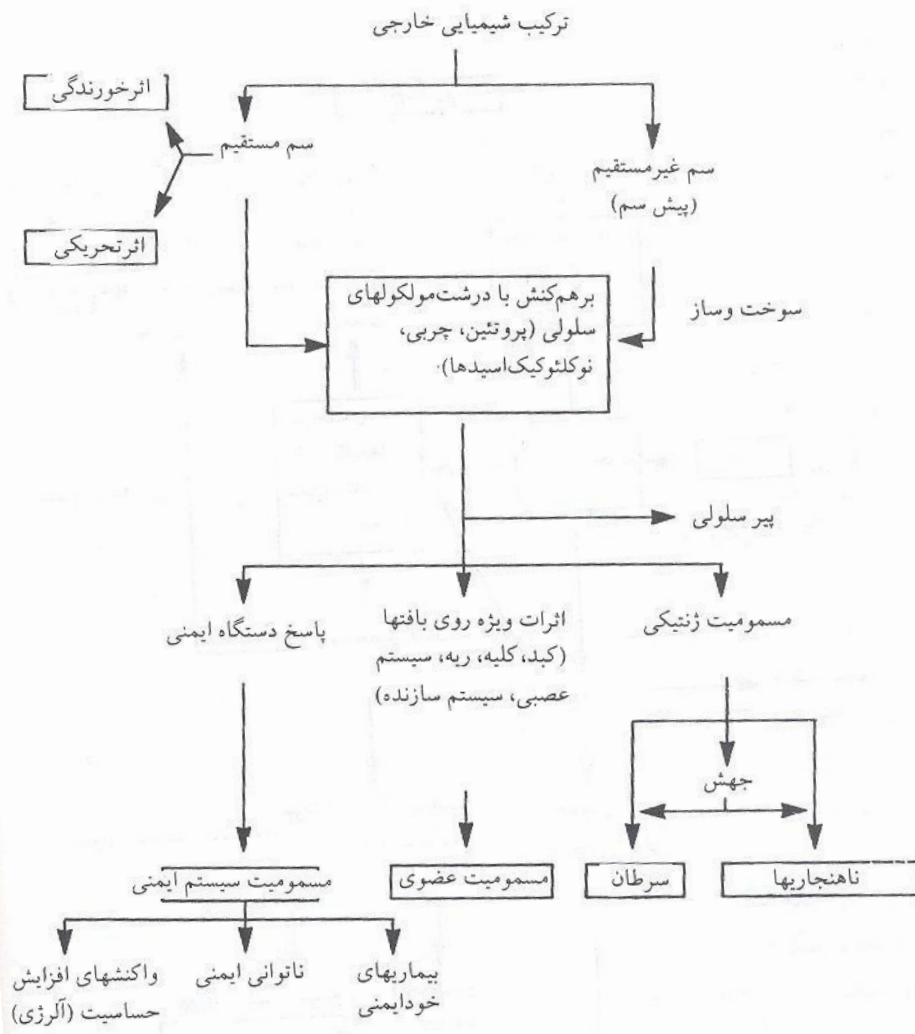
محدوده اشتعال یا انفجار (درصد بخار ماده در هوا)		ماده
حداکثر	حداقل	
۱۳	۲٫۶	استون
۸۱	۲٫۵	استیلن
۸	۱٫۴	بنزن
۸٫۳	۱٫۳	سیکلو هگزان
۲۲	۱٫۷	دیوکسان
۱۹	۳٫۳	اتانول
۳۶	۱٫۹	اتر معمولی
۸	۱٫۴	دی ایزوپروپیل اتر
۷٫۵	۱٫۲	II-هگزان
۷۵	۴	هیدروژن
۳۶	۴	متانول
۱۱٫۵	۱٫۸	متیل اتیل ستون
۵۰	۱٫۳	کربن سولفید
۱۱٫۵	۲	تتراهیدروفوران
۷	۱٫۳	تولوئن



طرح ۴. مهمترین انواع سموم براساس واکنش دهی آنها



۶۰ خطرهای احتمالی مواد شیمیایی



طرح ۶. تجسمی از اثر مواد زیست بیگانه بر مواد سازنده سلولی و پیامدهای آنها

جدول ۹ عمده‌ترین مواد شیمیایی مسموم‌کننده کبد

مواد	گروه شیمیایی
کلروفورم، یدوفرم، کربن تتراکلرید، تتراکلرواتان، وینیل کلرید، تری کلرواتیلن، پرکلرواتیلن، کلروبنزن، برموبنزن، ۲،۱-دی برمواتان، هالوتان، ۲،۱-دی کلرواتان	هالیدهای آلی
۲- نیتروپروپان، دی متیل نیتروزوآمین، هیدرازینها، اورتان، گالاکتوزامین	مشتقات آلی ازت دار
فسفر سفید، بریلیم، سلنیم	مواد معدنی

جدول ۱۰ عمده‌ترین مواد شیمیایی مسموم‌کننده سیستم عصبی

هدف در سیستم عصبی	مواد شیمیایی
جسم سلولی نرون	جیوه آلومینیم گلو تامات
آکسون	آکریل آمید هگزان ۲-هگزانول ۲، ۵-هگزادیون متیل بوتیل کتون کربن دی‌سولفید
میلین	هگزاکلروفن ایزونیازید اتیدیم برمید نمکهای سرب دی‌کلرواستاتهای قلیایی
رگهای خون‌رسان سیستم عصبی	نمکهای سرب نمکهای کادمیم
آنوکسی (کاهش مقدار اکسیژنی که خون به بافتها می‌رساند)	مونوکسید کربن سیانیدهای قلیایی ازوتیدهای قلیایی
استیل‌کولین‌استراز	ترکیبات آلی فسفره: ● دی‌ایزوپروپیل فلوروفسفات (DEP) ● مالاتیون ● پاراتیون ● فن تیون ● دی‌آزینون کارباماتها: ● کارباریل ● آلدیکارب

جدول ۱۲ مهمترین مواد آلرژی زا

نوع اثر آلرژی زایی	مثال	گروه شیمیایی
درمیت، بریلیوز، ریوی	Be, BeO, BeF ₂	بریلیم
درمیت، اگزما، آسم	Cr ⁺³ , Cr ⁺⁵	کروم
درمیت	Co, Co ²⁺ , Co ⁺³	کبالت
نفريت گلوامرولی	Hg, HgCl ₂	جیوه
درمیت (التهاب پوست)	Ni, Ni ⁺²	نیکل
اگزما، ورم ملتحمه چشم رینیت (ورم مخاط بینی)	OsO ₄	اسمیم
درمیت، آسم	اسیدکلروپلاتینیک H ₂ PtCl ₆	پلاتین
درمیت، آسم	فرمالدهید، فورفورال، آکرولتین، گلو تارآلدهید	آلدهید
درمیت، آسم	انیدریدمالئیک، فتالیک، تری ملیتیک	انیدریداسیدها
درمیت	آکریلاتها، متیل آکریلاتها	استرهای سیرنشده
درمیت، آسم، رینیت	اتیلن اکسید، اپی کلروهیدرین، گلیسیدیل اترها رزینهای اپوکسی	اپوکسیدها
درمیت (التهاب پوست)	پارابنزوکینون	کینونها
درمیت	۴،۲-دی نیتروفلوئوروبنزن، ۴،۲-دی نیتروکلرو بنزن، پیکریل کلرید	پلی نیترو هالید آرنها
درمیت	پیرازین	آمینهای حلقوی
درمیت	پارافنیلن دی آمین، پاراتولوئن دی آمین، پارا آمینو فنول	آمینهای معطر
درمیت	هیدرازین، فنیل هیدرازین	هیدرازینها
درمیت، ورم ملتحمه، آسم	تولوئن دی ایزوسیانات	ایزوسیانات
درمیت، بی رنگ شدن پوست	پاراتریتیل فنول، هیدروکینون، پاراتریتیل کاتکول	فنولها

۱. Berylliosis نوعی بیماری است که در اثر جمع شدن غبار املاح بریلیم در ششها، پوست، بافتهای زیرپوستی، گرههای لنفی، کبد و سایر اعضای بدن، ایجاد می شود. - م.

جدول ۳۴ عمده ترین حلالهای سمی و جانشینهای آنها

حلال سمی	محل اثر	اختلالهای مشاهده شده	حلال جانشین شونده
هگزان	سیستم اعصاب مرکزی (CNS)	التهاب اعصاب	پنتان، هیتان، سیکلو هگزان، متیل سیکلو هگزان
بنزن	مغز استخوان	آمی آپلاسیک*، لوسمی*	تولون ±، سیکلو هگزان
کلروفرم	CNS، قلب، کبد، کلیه ها	اختلالهای عصبی، میوکاردیت، هیپوتنفریت، سرطان (کبد، کلیه ها)	متیلن کلرید (؟) ۱، ۱، ۱-تری کلرواتان
*کربن تتراکلرید	کبد، کلیه ها	سیروز، نفریت	دی کلرومتان (±)
*۲، ۱-دی کلرواتان	CNS، کبد، کلیه	اختلالهای عصبی، هیپوتنفریت، آدنوکارسینوم	
*تری کلرواتیلن	CNS، کلیه ها، قلب، کبد	اختلالهای عصبی و قلبی	۱، ۱، ۱-تری کلرواتان
*پرکلرواتیلن	CNS، کبد، کلیه ها	سرطان کبد	
متانول	عصب چشمی	اختلالهای عمومی، نابینایی	اتانول
اتیلن گلیکول	کلیه ها	نفریت	پروپیلن گلیکول
متوکسی اتانول اتوکسی اتانول	مغز استخوان دستگاه تولیدمثل	کم خونی تحلیل رفتگی بیضه ها	پروپوکسی اتانول بوتوکسی اتانول
*دیوکسان	کبد، کلیه ها حفره بینی	اثر ناهنجارزایی هیپوتنفریت سرطانهای حفره بینی و کبد	۱-آلکوکسی - ۲-آل تتراهیدروفوران
۲-نیتروپروپان	کبد	سرطان کبد	نیترومتان ۱-نیتروپروپان
فرمامید N-متیل فرمامید N، N-دی متیل فرمامید	کبد	بیماریهای کبدی اثر ناهنجارزایی سرطان بیضه**	N-متیل ۲-پیرولیدون
استونیتریل	CNS	اختلالهای عمومی	
کربن سولفید	اعصاب مرکزی و محیطی	اختلالهای عمومی، التهاب اعصاب، نابینایی	
*هگزامتیل فسفو-تری آمید (HMPT)	حفره بینی	سرطان حفره بینی	DMEU, DMPH*** TES

CNS سیستم اعصاب مرکزی،

*: سرطانزا در بررسی تجربی بر روی حیوان

** : سرطانزا برای انسان

جدول ۱ رنگهای قراردادی کپسولهای گاز

رنگ قراردادی روی کپسول	فرمول شیمیایی	نام گاز
حنایی (خرمایی روشن)	C_2H_2	استیلن
سبز روشن + اسکلت سر	HCl	کلریدریک اسید
سبزروشن	NH_3	آمونیاک
خاکستری	CO_2	گاز کربنیک
سبز روشن + اسکلت سر	SO_2	سولفور دیوکسید
زرد	Ar	آرگون
سیاه	N_2	ازت
قرمز	D_2	دوتریم
سبز روشن + اسکلت سر	NO_2	ازت دیوکسید
قهوه‌ای (بلوطی)	He	هلیوم
سبز سیر	SF_6	گوگرد هگزا فلورید
قرمز	H_2	هیدروژن یا دی‌هیدروژن
سبز روشن + اسکلت سر	H_2S	هیدروژن سولفید
صورتی	R-H	هیدروکربنهای مایع
قهوه‌ای	Kr	کریپتون
صورتی	CH_4	متان
سبز روشن + اسکلت سر	NO	ازت مونوکسید
سبز روشن + قهوه‌ای	Ne	نئون
سبز روشن + اسکلت سر	CO	کربن مونوکسید
سفید	$(CH_2)_2O$	اتیلن اکسید
صورتی	O_2	اکسیژن یا دیوکسیژن
آبی	N_2O_5	ازت پنتوکسید
قهوه‌ای	Xe	زنون