

راهنمای ایمنی در آزمایشگاه

نویسندگان:

بنجامین آر. اسوینیورنسون

اسوینیورن گیزورارسون

مترجمان:

مهندس شیوا جاوید جلوه جهان‌دیده استاد

زیر نظر:

دکتر مهدی آجورلو

عضو هیات علمی موسسه عالی طب انتقال خون



موسسه عالی آموزش و پژوهشی
طب انتقال خون



موسسه عالی انتقال خون ایران
مرکز تحقیقات

تهیه و تدوین در انتشارات مرکز تحقیقات فرآورده‌های بیولوژیک و سلامت خون
موسسه عالی آموزشی و پژوهشی طب انتقال خون

بسم الله الرحمن الرحيم

سرشناسه	: اسوینیبئورسون، بنیامین آر. Sveinbjörnsson, Benjamín R
عنوان و نام پدیدآور	: راهنمای ایمنی در آزمایشگاه/نویسندگان: بنجامین آر. اسوینیبئورسون؛ اسوینیبئورن گیزورارسون، مترجمان: شیوا جاوید، جلوه جهان‌دیده استاد؛ زیر نظر مهدی آجورلو؛ تهیه و تدوین در انتشارات مرکز تحقیقات فرآورده‌های بیولوژیک و سلامت خون، موسسه عالی آموزشی و پژوهشی طب انتقال خون؛ با همکاری مرکز تحقیقات انتقال خون.
مشخصات نشر	: تهران : موسسه فرهنگی انتشاراتی زهد، ۱۴۰۴.
مشخصات ظاهری	: ۲۴۶ ص.: مصور (رنگی)، جدول.
شابک	: 978-622-5307-36-0
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: عنوان اصلی: Handbook for laboratory safety, 2022.
موضوع	: آزمایشگاه‌های شیمی -- پیش‌بینی‌های ایمنی Chemical laboratories -- Safety measures
شناسه افزوده	: گیزورارسون، اسوینیبئورن
شناسه افزوده	: Gizurarson, Sveinbjörn
شناسه افزوده	: جاوید، شیوا، ۱۳۵۷-، مترجم
شناسه افزوده	: جهان‌دیده استاد، جلوه، ۱۳۵۵-، مترجم
شناسه افزوده	: آجورلو، مهدی، ۱۳۶۲-
شناسه افزوده	: موسسه عالی آموزشی و پژوهشی طب انتقال خون. مرکز تحقیقات فرآورده‌های بیولوژیک و سلامت خون
شناسه افزوده	: موسسه عالی آموزشی و پژوهشی طب انتقال خون. مرکز تحقیقات
رده بندی کنگره	: ۶۳/۵QD
رده بندی دیویی	: ۵۴۲/۱۰۲۸۹
شماره کتابشناسی ملی	: ۱۰۰۹۷۹۰۹
اطلاعات رکورد کتابشناسی: فیپا	



راهنمای ایمنی در آزمایشگاه

نویسندگان: بنجامین آر. اسوینیورنسون، اسوینیورن گیزورارسون

مترجمان: مهندس شیوا جاوید، جلوه جهان‌دیده استاد

زیر نظر: دکتر مهدی آجورلو

ناشر: انتشارات زهد

با همکاری:

مرکز تحقیقات فرآورده‌های بیولوژیک و سلامت خون؛

موسسه عالی آموزشی و پژوهشی طب انتقال خون

ویراستار ادبی: دکتر حامد شکوفگی

صفحه‌آرا: فاطمه حامدی‌یکتا

ناظر فنی چاپ: زهرا اکبری‌خضایل

نوبت چاپ: اول، تابستان ۱۴۰۴

شمارگان: ۲۰۰ جلد

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۵۳۰۷-۳۶-۰

قیمت: ۳۵۰۰۰۰ تومان

کلیه حقوق چاپ و نشر محفوظ است

نشانی ناشر: تهران - خیابان انقلاب - خیابان قدس - نبش بزرگمهر - پلاک ۷ - واحد ۱۰

تلفن و دورنگار: ۳-۶۶۴۹۹۲۶۱

فهرست مطالب

پیشگفتار.....	۱۱
فصل اول: مقدمه‌ای بر ایمنی.....	۱۳
طرز فکر و فرهنگ ایمنی.....	۱۳
با تجهیزات آشنا شوید.....	۱۴
هرگز به تنهایی در آزمایشگاه کار نکنید.....	۱۴
غذا، نوشیدنی و بوییدن در آزمایشگاه.....	۱۵
سیگار و الکل.....	۱۶
وضعیت ذهنی کارکنان.....	۱۷
اهمیت آماده‌سازی صحیح.....	۱۸
محیط کار را تمیز و منظم نگه دارید.....	۲۱
پایان روز کاری.....	۲۲
پیش از ترک آزمایشگاه.....	۲۲
فصل دوم: تجهیزات حفاظت فردی.....	۲۳
مروری بر تجهیزات حفاظت فردی.....	۲۳
حفاظت چشم.....	۲۴
روپوش آزمایشگاهی.....	۲۷
کفش و شلوار بلند.....	۳۲
دستکش.....	۳۳
محافظت تنفسی و ماسک‌ها.....	۴۷
موها.....	۵۱
پیش‌بند سربی و محافظ‌ها.....	۵۱
فصل سوم: آزمایشگاه.....	۵۳
خطرات در آزمایشگاه.....	۵۳
ویژگی‌های ایمنی در آزمایشگاه.....	۵۴
محیط کار اصلی.....	۵۸

ذخیره‌سازی مواد بیولوژیکی	۵۹
ذخیره‌سازی مواد شیمیایی	۵۹
نگهداری و استفاده از گاز در آزمایشگاه	۶۳
ظروف شیشه‌ای و نگهداری عمومی	۶۴
حمل‌ونقل داخل یا بین آزمایشگاه	۶۵
ایمنی برق	۶۵
چند ابزار آزمایشگاهی مفید	۶۷
سروصدا در آزمایشگاه‌ها	۷۱
امواج (مایکروویو، امواج رادیویی و نور)	۷۱
پروتکل‌های مناسب کلید موفقیت هستند	۷۳
فصل چهارم: مواد شیمیایی	۷۵
مزه، بو و جنس	۷۵
اهمیت آمادگی	۷۷
اوراق اطلاعات ایمنی	۷۹
برچسب‌های شیمیایی	۸۴
ترکیبات سمی	۸۸
ارزیابی سمیت برای مخلوط شیمیایی	۹۰
مواد خورنده - اسیدها و بازها	۹۲
گازها	۹۴
مواد منفجره	۱۰۷
آزمون‌های پراکسید	۱۰۸
ترکیبات قابل اشتعال و اکسیدکننده‌ها	۱۱۲
ترکیبات کرایوژنیک (برودتی) و سایر ترکیبات بسیار سرد	۱۱۳
کار با مواد شیمیایی بسیار خطرناک	۱۱۴
ظروف دائمی و موقت برای ذخیره‌سازی مواد شیمیایی	۱۱۵
ذخیره‌سازی و برچسب‌گذاری محصولات ساخته‌شده	۱۱۶
علائم خطر و احتیاطی کدهای H و P	۱۲۶
فصل پنجم: خطرات زیستی	۱۳۵



مقدمه	۱۳۵
شستن دست‌ها	۱۳۷
چطور دست‌هایمان را بشوریم؟	۱۳۹
آزمایشگاه ایمنی بیولوژیکی	۱۴۱
کلاس‌های خطر	۱۴۲
آزمایشگاه‌های BSL-1	۱۴۲
آزمایشگاه‌های BSL-2	۱۴۹
آزمایشگاه‌های BSL-3	۱۵۰
آزمایشگاه‌های BSL-4	۱۵۱
کابینت ایمنی بیولوژیکی	۱۵۲
واکسیناسیون	۱۵۳
فصل ششم: مواد رادیواکتیو	۱۵۵
مقدمه	۱۵۵
آزمایشگاه	۱۵۶
نوع C	۱۵۹
نوع B	۱۵۹
نوع A	۱۶۰
رادیودارو	۱۶۰
عامل خطر و نوع آزمایشگاه	۱۶۲
سامان‌دهی و نظارت	۱۶۳
خطر قرار گرفتن در معرض	۱۶۴
ترکیبات رادیواکتیو	۱۶۹
فصل هفتم: مدیریت پسماند	۱۷۱
قوانین و مقررات دفع پسماند	۱۷۱
برچسب‌زنی پسماندهای خطرناک	۱۷۱
ظروف پسماند	۱۷۲
طبقه‌بندی مواد شیمیایی خطرناک	۱۷۵
دفع نمونه‌های بیولوژیکی و مخاطرات زیستی	۱۷۸

دفع مواد رادیواکتیو ۱۷۹

دفع پسماندهای سازمانی ۱۸۰

فصل هشتم: نشت مواد شیمیایی، بیولوژیکی و رادیواکتیو ۱۸۱

مقدمه ۱۸۱

اولین پاسخ به نشت مواد شیمیایی ۱۸۳

کیت‌های نشت آزمایشگاهی ۱۸۴

تجهیزات حفاظت فردی ۱۸۴

اقدامات پیشگیرانه ۱۸۵

ابزارها ۱۸۵

پاسخ به نشت مواد شیمیایی ۱۸۶

مواد رادیواکتیو ۱۸۹

خطرات بیولوژیکی ۱۹۱

فصل نهم: حوادث ۱۹۳

مقدمه ۱۹۳

دستورالعمل‌های ساده درباره اقداماتی که باید در صورت وقوع حادثه انجام دهید ۱۹۴

چشم‌ها ۱۹۶

استنشاق ۱۹۸

گوارشی ۲۰۰

تماس پوستی ۲۰۱

سوختگی و سرمازدگی ۲۰۳

سوراخ شدن پوست با سوزن ۲۰۴

دوش اضطراری ۲۰۵

کمک‌های اولیه ۲۰۶

فصل دهم: ایمنی و پیشگیری از آتش‌سوزی ۲۰۷

مقدمه ۲۰۷

آتش ۲۰۷

انواع آتش‌سوزی ۲۰۸

مواد شیمیایی تشکیل‌دهنده پراکسید ۲۱۰



۲۱۲.....	ترکیبات ناسازگار با آب یا هوا.....
۲۱۳.....	مواردی که باید در صورت وقوع آتش‌سوزی انجام شود.....
۲۱۵.....	اقدامات پیشگیرانه.....
۲۱۶.....	کپسول‌های آتش‌نشانی و اعلام حریق.....
۲۲۰.....	برنامه‌ها و تمرین‌های تخلیه.....
۲۲۳.....	فصل یازدهم: بارداری و شیردهی.....
۲۲۳.....	مقدمه.....
۲۲۴.....	رشد جنین و قرار گرفتن در معرض بیماری.....
۲۲۵.....	قرار گرفتن در معرض مواد شیمیایی و میکروب‌ها.....
۲۲۹.....	فصل دوازدهم: بهداشت حرفه‌ای و برنامه‌های واکنش.....
۲۲۹.....	مقدمه.....
۲۲۹.....	مدیریت و ساختار سازمانی.....
۲۳۲.....	گزارش حادثه.....
۲۳۳.....	محیط‌زیست سالم.....
۲۳۴.....	مدیریت خطر.....
۲۳۶.....	برنامه‌های واکنش اضطراری.....
۲۳۸.....	انفجار یا نشت مواد شیمیایی بزرگ.....
۲۳۹.....	زمین‌لرزه‌ها.....
۲۴۲.....	حملات و هجوم‌ها.....

پیشگفتار

هنگام کار در آزمایشگاه ایمنی همکاران، بازدیدکنندگان و مراجعان اهمیت ویژه‌ای دارد؛ از سوی دیگر، حفاظت از محیط‌زیست از وظایف هر فرد جامعه، از جمله آزمایشگاهیان است. آگاهی به دانش ایمنی در محیط کار، ضمن حفظ سلامت کارکنان می‌تواند تعهد ما را به جامعه بشری و محیط‌زیست تأمین کند. با یادآوری عبارت پیشگیری بهتر از درمان است، جلوگیری از حوادث و رخدادهای محل کار قطعاً بهتر از جبران عوارض حوادث در آینده خواهد بود.

این کتاب با هدف افزایش آگاهی درباره مباحث مختلف ایمنی، تدوین و ارائه دستورالعمل برای شیوه‌های کاری نگارش شده، به گونه‌ای که به افزایش ایمنی در محیط‌های آزمایشگاهی کمک کند. با مطالعه این کتاب و افزایش آگاهی می‌توان احتمال وقوع خطر را کاهش داد یا شدت آن‌ها را کنترل کرد، اما وظیفه هریک از کارکنان در آزمایشگاه شناسایی موارد خطر، کسب آگاهی و آموزش برای جلوگیری از رخدادهای و نحوه برخورد با حوادث در صورت بروز آن‌ها است.

در این کتاب می‌توانیم با اصول ایمنی آشنا شویم، نحوه استفاده از تجهیزات حفاظتی فردی را بیاموزیم، نگهداری و ذخیره‌سازی مواد شیمیایی را مدیریت کنیم، با اجرای مقررات و قوانین ایمنی در محیط کار بتوانیم رخدادهای کاهش دهیم، و مدیریت پسماندها را به شکل صحیح انجام دهیم تا محیط‌زیست خود را به شایستگی حفظ کنیم. امید است همکاران گرامی با مطالعه این کتاب و عملیاتی ساختن آن در ارتقای سطح ایمنی و بهداشت کار در آزمایشگاه‌ها و به‌ویژه مراکز انتقال خون موفق باشند.

دکتر صدیقه امینی کافی آباد

رئیس مؤسسه عالی طب انتقال خون

فصل اول:

مقدمه‌ای بر ایمنی

طرز فکر و فرهنگ ایمنی

یکی از گام‌هایی که می‌توانیم برای افزایش ایمنی خود برداریم، ساختن طرز فکر ایمنی است. طرز فکر ایمنی مستلزم اولویت دادن به ایمنی، آگاهی از خطرات بالقوه محیط اطرافمان و تفکر فعال درباره آن‌ها، انجام اقداماتی برای به حداقل رساندن خطرات احتمالی که متوجه می‌شویم، و برنامه‌ریزی برای آنچه در صورت وقوع حادثه انجام خواهیم داد، است. درباره آزمایش‌های خود فکر کنید و در زمینه چگونگی طراحی تجهیزات محیط اطرافتان آگاه باشید، و با در نظر گرفتن این نکته که چقدر از نظر ایمنی مناسب هستند، کار کنید و ایمنی همکاران را همراه با ایمنی خود در نظر بگیرید.

به همان اندازه، پرورش فرهنگ ایمنی مهم است. اینکه شما و همکارانتان راحت درباره جنبه‌های ایمنی کارتان گفت‌وگو کنید و به راحتی بتوانید در زمینه ایمنی کارتان درخواست مشاوره کنید، مهم است. بهتر است این روش را با همکارانتان در زمان انجام آزمایشی جدید در میان بگذارید تا خطرات احتمالی که شما متوجه آن‌ها نشده‌اید و باید برای آن‌ها آمادگی داشته باشید، از قلم نیفتاده باشد و برای اینکه در راستای به حداقل رساندن چنین خطراتی چه اقداماتی بهتر است انجام دهیم، بازخورد دریافت کنیم.

همچنین باید هر مشکلی را که متوجه می‌شوید، با مسئول خود در میان بگذارید. متأسفانه حادثه ممکن است به دلیل عواملی که ما انتظار نداریم، رخ دهد و خطری بالقوه باشد؛ بنابراین، گزارش و بحث درباره حوادثی که اتفاق می‌افتد، مهم است و باید درباره راه‌هایی برای جلوگیری از وقوع مجدد حوادث مشابه بیندیشیم. پس بیایید همه با هم طوری کار کنیم که همگی ایمن به خانه بازگردیم.

با تجهیزات آشنا شوید

در زمان ورود به آزمایشگاه نخست باید با تجهیزات موجود آشنا شوید. خروجی‌های اضطراری، سینک‌ها، دوش‌های اضطراری، ایستگاه‌های شست‌وشوی چشم، کپسول‌های آتش‌نشانی و غیره کجا هستند؟ آیا سینک‌ها فقط برای شستن دست‌ها در نظر گرفته شده‌اند، یا برای تمیز کردن ظروف شیشه‌ای نیز از آن‌ها استفاده می‌شود؟ افراد ملزم به پوشیدن چه تجهیزات حفاظت فردی^۱ در فضای کاری هستند؟ اگر برای بار اول در آزمایشگاه کار می‌کنید، هوشیار و مراقب باشید و مطمئن شوید که پیش از شروع به کار، با محیط کاری جدید و ابزارهای موجود، به‌ویژه موارد مربوط به ایمنی، آشنا هستید.

هرگز به تنهایی در آزمایشگاه کار نکنید

هرگز نباید به تنهایی در آزمایشگاه کار کنید! این یک قانون حیاتی است. اگر حادثه جدی رخ دهد، لازم است که افراد دیگری برای کمک‌رسانی فوری در دسترس باشند. اگر در زمان حادثه جدی تنها باشید، نمی‌دانید چه زمانی کمک می‌رسد و احتمال اینکه خیلی دیر برسد، وجود دارد.

همچنین توجه به عملکرد دیگران در آزمایشگاه نیز مفید است؛ از این‌رو، نباید در آزمایشگاه به تنهایی کار کنیم. اگر چیزی دیدید که ناایمن به نظر می‌رسد، آن را بیان کنید! حادثه در آزمایشگاه نه تنها فردی را که آزمایش انجام می‌دهد، بلکه می‌تواند افراد بیشتری را تحت‌تأثیر قرار دهد؛ بنابراین، بسیار مهم است که اگر چیز مشکوکی دیدید، هم برای امنیت خود و هم برای همکارانتان، آن را بیان کنید. به خاطر داشته باشید که این امر کاملاً قابل‌قبول است و اگر سؤالی درباره ایمنی دارید، باید درخواست مشاوره کنید.

غذا، نوشیدنی و بوییدن در آزمایشگاه

خوردن و آشامیدن در آزمایشگاه اکیداً ممنوع است. ممکن است در هر جایی از آزمایشگاه آثار مواد شیمیایی وجود داشته باشد و هرگز نباید با آوردن غذا و نوشیدنی به آزمایشگاه، احتمال آلودگی آن را بالا ببرید. این امر شامل تمام مواد خوراکی می‌شود، از جمله آبنبات یا آدامسی که در جیب شما هست (شکل (۱-۱)).



شکل (۱-۱) هیچ نوشیدنی یا غذایی نباید برای مصرف به آزمایشگاه آورده شود
(تصویر از: Birkir Eyþór Ásgeirsson)

به‌طور کلی، هرگز نباید مواد شیمیایی را که با آن‌ها آشنا نیستید، لمس، مزه یا بو کنید. حتی در صورت آشنایی با آن‌ها نیز نباید این موارد را لمس، مزه یا بو کنید، اما در این موارد حداقل از عواقب احتمالی آن آگاه‌تر خواهید بود. بوییدن نشان نمی‌دهد که یک ترکیب چقدر خطرناک است. بسیاری از ترکیبات بسیار سمی بوی مشخصی ندارند؛ نمونه‌ای از آن، مونوکسید کربن (CO)، یک گاز بی‌رنگ و بی‌بو است که در صورت قرار گرفتن در معرض آن، می‌تواند باعث از دست دادن هوشیاری و حتی مرگ شود (شکل (۱-۲)).



شکل (۲-۱) هرگز نباید مواد شیمیایی موجود در آزمایشگاه را بو کنید،
مگر اینکه کاملاً از ایمن بودن آن‌ها مطمئن شوید (تصویر از: Birkir Eyþór Ásgeirsson)

انجام کارها با ترکیبات سمی و مضر باید در زیر کابینت با تهویه مناسب یا یک هود شیمیایی صورت پذیرد تا احتمال تنفس با بخار ترکیبات خطرناک را به حداقل برساند. به خاطر داشته باشید که پس از استفاده، درب تمام بطری‌ها را در صورت لزوم ببندید^۱ و فضای کاری خود را تمیز و منظم نگاه دارید تا در هر لحظه یک نمای کلی از فضای کار و هر چیزی که با آن کار می‌کنید، داشته باشید.

سیگار و الکل

سیگار کشیدن در آزمایشگاه و اطراف آن ممنوع است. به دلیل وجود حلال‌ها و مواد شیمیایی قابل اشتعال، سیگار کشیدن خطر آتش‌سوزی را به‌دنبال دارد؛ بنابراین، این کار در داخل آزمایشگاه اکیداً ممنوع است. همچنین استفاده از الکل و موادی که منجر به مسمومیت می‌شوند، در آزمایشگاه به‌شدت ممنوع است. مسمومیت خطر اشتباه را به میزان قابل‌توجهی افزایش می‌دهد؛ بنابراین، کار در آزمایشگاه در این حالت هرگز قابل قبول نیست.

۱. بسته به نوع ماده موجود در بطری‌ها، درب برخی باید محکم بسته شود، درحالی‌که درب برخی از بطری‌ها نباید کاملاً محکم باشد تا بتوانند فشار محبوس در بطری را آزاد کنند.

وضعیت ذهنی کارکنان

آگاه بودن از وضعیت ذهنی کارکنان مهم است. خستگی می‌تواند تأثیری مشابه الکل از جمله کاهش سرعت واکنش و کاهش تمرکز داشته باشد؛ بنابراین، پیش از کار در آزمایشگاه، خواب کافی داشته باشید و مطمئن شوید که هوشیار هستید، به‌خصوص زمانی که کار جدید یا بالقوه خطرناکی را در آزمایشگاه انجام می‌دهید.

همچنین حالات مختلف ذهنی ما می‌تواند خطراتی را به‌دنبال داشته باشد، خواه بی‌دقتی، عجز بودن، اعتماد به نفس بیش از حد یا هر حالت دیگری که قضاوت و رفتار ما را در آزمایشگاه تغییر دهد. کنترل کردن رفتارهای شخصی می‌تواند برای فرد دشوار باشد، اما با آگاهی از اینکه این رفتارها می‌توانند بر ایمنی فردی تأثیر بگذارند، می‌توان از ایجاد خطرات بیشتر در محیط کار جلوگیری کرد.

نمونه‌ای از زندگی واقعی – طرز فکر

تمرکز داشته باشید. اگر در حال مطالعه یا مرور تلفن همراه خود هستید، فقط این کار را انجام دهید. حوادث فراوانی می‌تواند به این دلیل که مردم سعی می‌کنند چند کار را با هم انجام دهند، رخ دهد؛ برای مثال، انجام هم‌زمان چند فعالیت مانند قدم زدن، حمل نمونه، چک کردن پیام‌های تلفن همراه. بنابراین، انجام هم‌زمان چندین فعالیت می‌تواند باعث شود که به درب برخورد کنید یا پای شما به لبه درب گیر کرده و زمین بخورید.

اهمیت آماده‌سازی صحیح

ایمنی به شدت تحت تأثیر آگاهی از روش‌هایی که انجام می‌دهید، قرار می‌گیرد و اینکه چقدر خود را از پیش برای پروژه آماده کرده‌اید. آماده‌سازی صحیح و در نظر گرفتن خطرات احتمالی را به عادت تبدیل کنید تا بتوانید از آن‌ها پیشگیری کنید. چه چیزی اشتباه است؟ چگونه باید با یک حادثه یا یک موقعیت اضطراری برخورد کنیم؟ چگونه باید به نشت مواد شیمیایی واکنش نشان دهیم؟ اگر مواد شیمیایی وارد چشم شود، چه کنیم؟ در صورت وقوع حادثه، لازم است فوراً اقدام کنید؛ زیرا هر ثانیه ممکن است حیاتی باشد؛ بنابراین، بهتر است همواره از خود سؤال کنید که در مواقع اضطراری باید چه کاری انجام دهید. این امر می‌تواند در موقعیتی که باید سریع عمل کنید، به حافظه عضلانی شما کمک کند و احتمال وحشت‌زدگی را کاهش دهد.

آماده‌سازی صحیح شامل جمع‌آوری اطلاعات درباره ابزارها، مواد شیمیایی، باکتری‌ها و غیره است که با آن‌ها کار خواهید کرد. اگر با ماده شیمیایی کار می‌کنید، باید حتماً درباره آن آگاهی داشته باشید. آیا قابل اشتعال، خورنده یا سمی است؟ توجه به این نکته مهم است که همیشه مهم‌ترین اطلاعات روی برچسب مواد شیمیایی موجود است، اما می‌توانید اطلاعات دقیق‌تری را در برگه اطلاعات ایمنی^۱ شرکت سازنده پیدا کنید. این مسئولیت بر عهده شما است که پیش از شروع کار، برگه اطلاعات ایمنی را تهیه کنید و با اطلاعات موجود در آن آشنا شوید؛ بنابراین، مطمئن شوید که هم برچسب‌ها و هم برگه اطلاعات ایمنی را خوانده‌اید.

به‌طور کلی، برای انجام کار با مواد شیمیایی بسیار محتاطانه رفتار کنید. هنگام کار با مواد شیمیایی همیشه هوشیار باشید و ذهن خود را روی پروژه در دست اقدام متمرکز کنید. از آنجایی که تحقیقات اغلب می‌تواند شامل سنتز ترکیبات جدید باشد، بنابراین مهم است بدانیم آن‌ها را چگونه به کار ببریم. اگر با یک نمونه یا ترکیب ناشناخته کار می‌کنید، آن را به‌گونه‌ای مدیریت کنید که گویی «سمی‌ترین ترکیب» موجود است، تا زمانی که از ماهیت آن آگاه شوید. هرگز با ترکیبات بسیار سمی کار نکنید، مگر اینکه آموزش مناسب را دیده باشید.

1. Safety Data Sheet (SDS)

همچنین باید با تجهیزات مورد استفاده و نحوه کار با آن‌ها آشنا باشید. همیشه از تجهیزات حفاظت فردی مناسب مانند روپوش آزمایشگاهی، دستکش، عینک ایمنی و سایر تجهیزات ایمنی مناسب و اقدامات احتیاطی استفاده کنید. استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مناسب برای هر آزمایش بسیار مهم است و به کارگیری تجهیزات حفاظت فردی مربوطه باید اولین کاری باشد که هنگام ورود به آزمایشگاه انجام می‌دهید.

PACE

یکی از روش‌های آماده‌سازی با در نظر گرفتن ایمنی، استفاده از رویکرد چهار مرحله‌ای زیر است که عبارت یادآور «PACE» به شما کمک می‌کند تا برنامه‌ریزی آزمایش خود را به خاطر بسپارید (شکل (۱-۳)).



شکل (۱-۳) عبارت یادآور «PACE» به شما کمک می‌کند برنامه‌ریزی آزمایش خود را به خاطر بسپارید، از خود سؤالاتی درباره ایمنی آن پرسید، و پیش از انجام آزمایش و اقدامات احتیاطی مناسب، با یک همکار مشورت کنید. Plan: طرح، Assess: ارزیابی، Consult: مشاوره، Execute: اجرا.

۱. طرح: روش برنامه‌ریزی شده را با جزئیات بنویسید. هر خطری را که متوجه می‌شوید و کارهایی را که برای به حداقل رساندن آن خطر باید انجام شود، یادداشت کنید. برای محیط‌های کاری بهتر است الگویی برای برنامه‌ریزی داشته باشید و در حین انجام کار، آن را در نزدیکی محل آزمایش قرار دهید؛ بنابراین، افرادی که از آنجا عبور می‌کنند نیز از آن مطلع می‌شوند. این امر به خصوص برای آزمایش‌های طولانی‌مدت در صورت بروز مشکل مهم است.

۲. ارزیابی: خطرات احتمالی را ارزیابی کنید. این کار را می‌توان با پرسیدن سؤالاتی درباره خطرات احتمالی انجام داد؛ بنابراین، داشتن فهرستی از سؤالات می‌تواند برای این امر مفید باشد. چنین فهرستی به یادآوری خطرات احتمالی که شاید در ابتدا به آن فکر نکرده باشیم،

کمک می‌کند. در اینجا چند نمونه از سؤالاتی که ممکن است مفید باشند، آمده است، اما توصیه می‌شود که فهرست خود را تهیه کنید و خطرات بیشتری را که فکر می‌کنید باید بررسی کنید، به آن اضافه کنید.

✓ مواد شیمیایی/ نمونه‌های بیولوژیکی/ سایر مواد مورد استفاده در آزمایش چقدر خطرناک هستند؟ (برای مثال، سمی، قابل اشتعال، مواد منفجره یا مسری هستند؟)

✓ آیا ابزار و ظروف شیشه‌ای در وضعیت مناسب هستند؟

✓ آیا تجهیزات ایمنی لازم در صورت بروز مشکل در دسترس هستند؟

✓ چه واکنش‌های جانبی ممکن است رخ دهد و چه خطراتی با آن‌ها همراه خواهد بود؟

آیا محصولات جانبی سمی هستند یا گاز ناشی از آن‌ها در یک سیستم بسته منجر به ایجاد فشار شده است؟

✓ آیا آزمایش بر محیط اطراف تأثیر می‌گذارد؟ آیا افراد دیگر از آزمایش مطلع می‌شوند؟

برخی از مواد شیمیایی بوی تندی دارند و ممکن است افراد را غافل گیر کنند. اگر قرار است تحت تأثیر آزمایش قرار گیرند، بهتر است از پیش به آن‌ها اطلاع دهید.

۳. مشاوره: مشورت با فرد دیگری درباره خطرات احتمالی که ممکن است از قلم افتاده باشد، همیشه مفید است. وقتی چنین مشاوره‌ای جزئی از فرهنگ ایمنی در محیط کاری باشد، به بهترین شکل عمل می‌کند. مایل به مشاوره گرفتن باشید و در صورتی که شخصی از شما درخواست مشاوره داشت، مشتاق ارائه مشاوره باشید.

۴. اجرای اقدامات پیشگیرانه: مطمئن شوید اقدامات مناسب و پیشگیرانه‌ای را که لازم است، انجام می‌دهید. به یاد داشته باشید اقدامات پیشگیرانه زمانی مفید است که شامل برنامه‌های احتمالی باشد. سپس زمانی که همه چیز آماده شد، کار را ادامه و آزمایش را انجام دهید.

محیط کار را تمیز و منظم نگه دارید

هرگز کیف، لباس یا چیز دیگری را در مسیر تردد قرار ندهید، در غیر این صورت ممکن است شخصی که در حال تردد است، با آن برخورد کند. همچنین هرگز نباید در آزمایشگاه بدوید و توصیه می‌شود از خیس کردن کف آزمایشگاه خودداری کنید؛ زیرا ممکن است لغزنده شود.

مطمئن شوید فضای کاری شما به‌خصوص در اطراف ترازوها، هودهای شیمیایی و اطراف مخزن مواد شیمیایی، تمیز و سازمان‌دهی شده است. تمام بطری‌ها و بسته‌بندی‌ها باید به‌خوبی برچسب‌گذاری شده، تمیز، بدون خش، نش‌ت یا آلودگی باشند. محیط کار خود را تمیز کنید تا از آلودگی متقابل به فرد دیگر که در آنجا کار یا آزمایش می‌کند، جلوگیری شود. اگر مواد شیمیایی بریزد، هرگز آن را مجدداً به بطری برنگردانید. هر چیزی شامل ظروف شیشه‌ای، ظروف بسته‌بندی‌شده و غیره را تمیز کنید و مواد آلوده را طبق دستورالعمل‌های صحیح دور بریزید. میزها، کف‌ها و هودهای شیمیایی باید در پایان روز و پیش از خروج از آزمایشگاه تمیز شوند.

کار با ترکیبات قابل اشتعال مانند حلال‌ها باید در زیر هودها یا کابینت‌هایی با تهویه مناسب انجام شود. مواد شیمیایی قابل اشتعال هرگز نباید با شعله روشن گرم شوند، اما در صورت نیاز به گرم کردن آن‌ها، می‌توان از حمام آب/روغن/شن یا سایر تجهیزات ایمن استفاده کرد.

در صورت نیاز به انتقال ترکیبات از مکانی به مکان دیگر، باید درب تمامی بطری‌ها بسته بوده و در یک ظرف ثانویه در حین حمل‌ونقل قرار داده و به‌آرامی حمل شوند. هرگز مواد شیمیایی را برای مصارف شخصی یا شوخی از آزمایشگاه خارج نکنید؛ زیرا ممکن است منجر به اخطار و/یا اخراج از آزمایشگاه شود.

پایان روز کاری

مطمئن شوید محیط کاری شما تمیز و منظم است. اگر کارکنان، دانشجویان یا نیروهای خدماتی به میز دست بزنند، آیا به ترکیب شیمیایی، رادیواکتیو یا میکروبی که وضعیت سلامتی آن‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد، آلوده می‌شوند؟

پیش از ترک آزمایشگاه

- ✓ گاز، آب و برق را قطع کنید.
- ✓ هر تجهیز را که نیاز نیست روشن بماند، خاموش کنید.
- ✓ محیط کاری را تمیز کنید.
- ✓ از بسته بودن درب بطری‌ها اطمینان یابید.
- ✓ مطمئن شوید که تمام مواد شیمیایی به‌درستی برچسب‌گذاری شده و سر جایشان قرار گرفته‌اند.
- ✓ هودهای شیمیایی را خاموش کنید.
- ✓ دست‌هایتان را بشویید.

مثالی واقعی – در پایان روز

یک شب زنگ هشدار آب به صدا درآمد. وقتی سرویس‌کار رسید، آب همه‌جا را فرا گرفته بود و به طبقه پایین چکه می‌کرد. اتفاقی که افتاد، این بود که تکنسین آزمایشگاه شیر آب را باز گذاشته بود، اما به دلیل تعمیرات آب قطع شده بود. متأسفانه این فرد از آن آگاه نبود و فراموش کرده بود شیر آب را ببندد. بعد از ظهر همان روز دانشجویی پارچه‌ای را روی سینک گذاشته بود و پارچه در سینک افتاده بود. وقتی تعمیرات تمام شد، پارچه سینک را مسدود کرده و سینک پر از آب شد و آسیب جدی به اطراف وارد کرد. همیشه به یاد داشته باشید که در پایان روز محل کار خود را در شرایط ایمن ترک کنید.

فصل دوم:

تجهیزات حفاظت فردی

مروری بر تجهیزات حفاظت فردی

یکی از مهم‌ترین اقدامات احتیاطی که می‌توانیم در آزمایشگاه انجام دهیم، استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مناسب است. تجهیزات حفاظت فردی اولین چیزی هستند که پیش یا بلافاصله پس از ورود به آزمایشگاه باید بپوشید؛ زیرا این تجهیزات به‌عنوان لایه حفاظتی مهم در صورت وقوع حادثه عمل می‌کنند. تجهیزات حفاظت فردی مناسب می‌تواند در زمینه‌های کاری، مکان‌ها و نوع آزمایش متغیر باشد، اما به‌طور کلی هرگونه لباس محافظی را شامل می‌شود. مهم است به یاد داشته باشید که انتخاب تجهیزات حفاظت فردی نه تنها به آزمایش‌هایی که در حال انجام آن هستید، بستگی دارد، بلکه باید به آزمایش‌هایی که در محیط اطراف انجام می‌شود نیز، توجه کنید. یک مثال ساده از تجهیزات حفاظت فردی، لباس بازتابنده‌ای است که در فضای تاریک پوشیده می‌شود تا رانندگان بتوانند ما را بهتر ببینند. این لباس به‌منظور جلوگیری از خطرات احتمالی ناشی از سایر افراد کاربرد دارد.

در محیط آزمایشگاه سه نوع تجهیزات حفاظت فردی اصلی وجود دارند که باید برای بیشترین مدت‌زمان ممکن در آزمایشگاه پوشیده شوند، اگرچه شاید در تمام مدت از آن‌ها استفاده نکنید. این‌ها شامل عینک ایمنی برای حفاظت از چشمان شما، روپوش آزمایشگاهی و دستکش برای حفاظت از پوست شما هستند. علاوه‌براین، ممکن است نیاز باشد دیگر تجهیزات حفاظت فردی را براساس شرایط آزمایش بپوشید که ممکن است شامل ماسک‌ها برای حفاظت از تنفس شما، یا یک آشکارساز تشعشعات شخصی برای نظارت بر قرار گرفتن در معرض تشعشعات باشد. اطمینان یابید که همیشه تمامی تجهیزات حفاظت فردی مناسب برای محیط آزمایشگاهی که در آن کار می‌کنید و همچنین هر نوع تجهیزات حفاظت فردی اضافی موردنیاز

برای آزمایشات خاصی را که در حال انجام آن هستید، بپوشید. در ادامه، بحث مفصل‌تری درباره انواع اصلی تجهیزات حفاظت فردی مورد استفاده در آزمایشگاه آورده شده است.

حفاظت چشم

چشم‌های ما یکی از ارزشمندترین اعضای حسی هستند؛ بنابراین، بسیار مهم است اطمینان یابیم که چشمان خود را تا حد امکان محافظت کرده‌ایم! این بدان معناست که باید همیشه در آزمایشگاه از عینک‌های ایمنی یا عینک‌های محافظ استفاده کنیم. توجه به این نکته مهم است که عینک‌های معمولی تنها ناحیه جلوی چشم‌های ما را می‌پوشانند، از این‌رو، برای ایمنی کامل کافی نیستند. در حالی که عینک‌های ایمنی مناسب از اطراف چشم‌ها محافظت بیشتری می‌کنند (شکل (۲-۱)). عینک‌های محافظ شیمیایی بهترین محافظت را فراهم می‌کنند؛ زیرا احتمال پاشیدن شدید مایعات به صورت و چشم را کاهش می‌دهند. اگر از عینک طبی استفاده می‌کنید، ممکن است لازم باشد عینک‌های ایمنی را روی آن بزنید. البته عینک‌های طبی محافظ نیز موجود هستند و برخی از مؤسسات برای کارمندان خود این امکان را فراهم کنند، اما به راحتی مانند عینک‌های ایمنی در دسترس نیستند.



شکل (۱-۲) عینک‌های ایمنی (راست) حفاظت بیشتری در اطراف چشم‌ها فراهم می‌کند، در حالی که عینک‌های معمولی (چپ) این نوع حفاظت را ایجاد نمی‌کنند. عینک‌های ایمنی محافظ‌دار (در تصویر نیستند) حتی پوشش بیشتری دارند و احتمال نشستن مایع به طرف چشم‌ها را کاهش می‌دهند. همچنین توجه داشته باشید که هنگام کار در آزمایشگاه، موهای بلند باید بسته شوند (راست)، یا زیر روپوش آزمایشگاه قرار گیرند. اگر این نکته رعایت نشود (چپ)، ممکن است خطرات ایمنی ایجاد شود (تصویر از: Birkir Eyþór Ásgeirsson).

اطمینان از در دسترس بودن عینک‌های ایمنی برای تمام افرادی که در آزمایشگاه کار می‌کنند و همچنین برای هر بازدیدکننده/مهمانی که به آزمایشگاه وارد شود و نیز برای کارفرمایان، ناظران یا محققان مهم است. باید یادآور شد که مدت‌زمان حضور آن‌ها مهم نیست. برخی از آزمایشگاه‌ها دارای عینک‌های ایمنی اضافی برای بازدیدکنندگانی که کوتاه مدت وارد آزمایشگاه می‌شوند، هستند.

استفاده از لنزها هنگام کار با مواد شیمیایی توصیه نمی‌شود؛ زیرا خطر برخورد بخارات حلال با لنز وجود داشته و ممکن است این بخارات بین لنز و چشم‌های شما محبوس شده و عارضه یا آسیب‌هایی ایجاد کنند. برخی از ترکیبات خورنده نیز ممکن است به‌طور تصادفی به چشم‌های شما پاشیده شوند که بستن پلک‌های چشم باعث دشواری در خارج کردن لنزها می‌شود. به‌طور کلی، بهتر است از لنز در آزمایشگاه استفاده نکنید.

انتخاب عینک‌های ایمنی مناسب امری حیاتی است. برای کار با مواد شیمیایی توصیه می‌شود از عینک‌های محافظ مقاوم در برابر این مواد استفاده کنید. هنگام کار با لیزر به عینک‌های مناسب برای محافظت در برابر طول موجی که لیزر ساطع می‌کند، نیاز است. حوادث ناشی از لیزر همیشه جدی هستند. به‌طور کلی، انتخاب عینک‌های حفاظتی مناسب بستگی به کاری که در آزمایشگاه انجام می‌دهید، دارد.

حفاظت مناسب از چشم^۱

یک محقق فوق دکتری در حال انجام افزایش مقیاس آزمایشی بود که پیش‌تر انجام داده بود. این محقق به‌تازگی روش کاری خود را تغییر داده و آن را در مقیاس کوچک بدون مشاهده مشکلات آزمایش کرده بود. باین‌حال، در حین کار برای افزایش مقیاس، واکنش شدیدی رخ داد که منجر به پاشیدن مایعات روی صورت و روپوش آزمایشگاهی وی شد. این محقق عینک ایمنی، دستکش و یک روپوش آزمایشگاهی مقاوم در برابر آتش با یک پیراهن با آستین بلند زیر آن پوشیده بود.

پس از پاشیدن مایعات، محقق طبق روش‌های صحیح عمل کرد؛ به این ترتیب که روپوش آزمایشگاهی و پیراهن خود را درآورد، به سمت دوش اضطراری رفت و قبل از رفتن به ایستگاه شست‌وشوی چشم، با کمک یکی از دانشجویان صورت و چشم‌های خود را شست‌وشو داد.

روپوش آزمایشگاهی و پیراهن کار خود را انجام داده بودند و میزان تماس با مواد شیمیایی را به حداقل رساندند، اما عینک ایمنی کافی نبود. اگرچه این عینک کمی حفاظت ایجاد کرد، اما مواد شیمیایی همچنان می‌توانستند زیر عینک نفوذ کنند و وارد چشم‌ها شوند. عینک‌های محافظ شیمیایی می‌توانستند در اینجا حفاظت بیشتری برای چشم فراهم کنند. خوشبختانه با واکنش صحیح اولیه و درمان مناسب در بیمارستان، محقق چند روز پس از وقوع حادثه مجوز بازگشت به کار را دریافت کرد.

^۱. این مورد از Chance, B. S. Case study: Reaction scale-up leads to incident involving bromine and

acetone. Journal of Chemical Health & Safety. 23 (1), 2e4, 2016 استخراج شده است.

روپوش آزمایشگاهی

عمده‌ترین وظیفه روپوش آزمایشگاهی، حفاظت از بدن و لباس‌هایتان در مخاطرات مرتبط با تماس با مواد شیمیایی و دیگر خطرات تماس در آزمایشگاه است. گاهی اوقات نشت کم مواد شیمیایی ممکن است منجر به سوراخ‌هایی در لباس‌هایتان شود؛ بنابراین، استفاده از روپوش آزمایشگاهی می‌تواند شما را از یک حادثه بد نجات دهد و باعث صرفه‌جویی در هزینه خرید لباس جدید شود. در صورت نشت مواد شیمیایی با حجم زیاد بر روی خودتان، روپوش آزمایشگاهی محافظی است که چون قابلیت جدا شدن دارد، باید به‌سرعت آن را در بیاورید. بهترین روپوش‌های آزمایشگاهی دکمه‌هایی دارند که در مواقع اضطراری نیازی به صرف وقت برای باز کردن آن‌ها ندارید؛ به این ترتیب، به راحتی و به‌سرعت می‌توانید آن‌ها را باز کنید. اگرچه همه آن‌ها به این شکل طراحی نشده‌اند، اما ارزش بررسی این را دارند که تا چه حد می‌توانید آسان و سریع روپوش آزمایشگاهی را بیرون بیاورید تا در صورت وقوع نشت مواد شیمیایی، آمادگی بهتری داشته باشید.

از آنجاکه روپوش آزمایشگاهی برای فراهم کردن حفاظت از لایه خارجی در برابر مواد شیمیایی در آزمایشگاه است، باید بدانید کجا و چگونه آن را نگهداری می‌کنید؛ برای مثال، اگر روپوش خود را روی روپوش فرد دیگری آویزان کنید، در زمان پوشیدن آن احتمال دارد با مواد شیمیایی موجود روی لایه خارجی روپوش زیرین در تماس باشد. توجه به هر گونه آلودگی متقاطع با مواد شیمیایی که بالقوه خطرناک هستند، مهم است، به‌ویژه زمانی که این امر قابل پیشگیری باشد؛ بنابراین، مکان مناسبی برای نگهداری روپوش آزمایشگاهی خود در نظر بگیرید، به گونه‌ای که قسمت‌هایی که بیشترین تماس را با آن خواهید داشت، ایمن و بدون آلودگی باقی بمانند (شکل ۲-۲).



شکل (۲-۲) روپوش‌های آزمایشگاهی باید در شرایطی نگهداری شوند که منجر به آلودگی متقاطع در قسمت داخلی روپوش آزمایشگاهی دیگر نشوند (تصویر از: Benjamin Ragnar Sveinhjornsson)

یکی دیگر از مزایای روپوش‌های آزمایشگاهی این است که می‌توانند از گسترش آلودگی خارج از آزمایشگاه جلوگیری کنند. از آنجاکه نمی‌خواهیم داخل روپوش آزمایشگاهی آلوده شود، آلودگی‌های روی سطح آن‌ها نیز سبب آلوده شدن اشیاء/ مناطق خارج از آزمایشگاه می‌شود. محل کار اغلب دارای «مناطق عاری از مواد شیمیایی» است که مهم‌ترین آن مکانی است که افراد در آن غذا می‌خورند. به یاد داشته باشید که روپوش آزمایشگاهی را پیش از رفتن به هر یک از اماکن مشترک در آورید. به‌طور کلی، بهتر است استفاده از روپوش آزمایشگاهی را به مناطق و موقعیت‌هایی محدود کنید که به آن‌ها نیاز دارید. این موضوع مخصوصاً در آزمایشگاه‌های بیولوژیک بسیار مهم است.

همچنین باید به وضعیت روپوش آزمایشگاهی‌تان توجه کنید. به یاد داشته باشید که آن را به صورت منظم بشویید، اما مطمئن شوید که در کنار سایر لباس‌ها قرار نگیرد. اگر آلوده به ترکیبات سمی شد، آن را بشویید یا از بین ببرید. روپوش کهنه، پاره یا سوراخ حفاظت مناسبی ایجاد نمی‌کند؛ بنابراین، اگر این اتفاق افتاد، وقت آن فرا رسیده است که به روپوشی جدید فکر کنید.

چندین نوع روپوش آزمایشگاهی وجود دارد، از جمله روپوش‌های مقاوم در برابر نشت، مقاوم در برابر مواد شیمیایی و مقاوم در برابر آتش. مهم است نوع مناسبی از روپوش آزمایشگاهی را انتخاب کنید که نیازهای آزمایش و محیط آزمایشگاهی شما را برآورده کند؛ برای مثال، اگر احتمال وقوع آتش وجود دارد، نباید از یک روپوش آزمایشگاهی ساخته‌شده از بافت‌های مصنوعی استفاده کنید؛ زیرا ممکن است در زمان آتش‌سوزی ذوب شده و به پوست بدن بچسبد. بسیاری از آزمایشگاه‌ها روپوش‌های آزمایشگاهی با رنگ‌های مختلف براساس محل استفاده‌شان دارند؛ مانند: آزمایشگاه معمولی، آزمایشگاه ایزوتوپ، یا در آزمایشگاهی که با خطرات بیولوژیکی کار می‌کنید؛ بنابراین، مطمئن شوید که روپوش‌های آزمایشگاهی مناسبی برای نیازهای خود دارید.

همچنین باید اطمینان یابید روپوش آزمایشگاهی از نظر اندازه مناسب است. روپوش آزمایشگاهی از نظر طولی باید حداقل به زانوهای شما برسد. آستین آن باید تقریباً به مچ دست‌هایتان برسد تا در زمان کار کردن مزاحمت ایجاد نکند، اما باید تمام قسمت‌های بازوها تا دستکش‌هایتان را پوشش دهد. برخی از روپوش‌های آزمایشگاهی دارای مچ‌بند‌های مناسب هستند که به کاهش احتمال نشت در داخل آستین روپوش کمک می‌کنند. از آنجاکه می‌خواهیم روپوش آزمایشگاهی حفاظت کامل و صحیحی فراهم کند، باید همیشه آن را به‌صورت کامل بپوشید و هرگز آستین‌ها را بالا ندهید (شکل (۲-۳)).



شکل (۲-۳) استفاده از روپوش آزمایشگاهی با اندازه مناسب و پوشیدن آن به گونه‌ای که بهترین پوشش و محافظت را داشته باشد، بسیار مهم است (تصویر از: Sveinbjörn Gizurarson).

آتش‌سوزی مرگبار در دانشگاه کالیفرنیا، لس‌آنجلس (UCLA)^۲

در اواخر سال ۲۰۰۸ حادثه‌ای که منجر به مرگ یک کارمند جوان آزمایشگاهی در دانشگاه کالیفرنیا شد، دنیای شیمی را به لرزه درآورد. این حادثه بر پروتکل‌های ایمنی و آموزش‌های بسیاری از مؤسسات آموزش عالی در سال‌های پس از آن تأثیر گذاشت و هنوز هم به‌عنوان یک مثال برجسته از اهمیت آموزش ایمنی صحیح و مسئولیت ناظران در ارائه چنین آموزش‌هایی مطرح است.

یک دانش‌آموخته دانشگاهی تنها سه ماه از ورود به شغلش در یک آزمایشگاه شیمی می‌گذشت که در حال استخراج ۵۴ میلی‌لیتر ترت‌بوتیل‌لیتیم از یک مخزن مهروموم شده با یک سرنگ پلاستیکی بود. این ماده شیمیایی می‌تواند فوراً در معرض هوا مشتعل شود. طبق گزارش حادثه، در طول این فرایند سرنگ در دستان او ترکیب و مواد مشتعل در هوا پراکنده شد. او روپوش آزمایشگاهی مقاوم به حریق نداشت، برای همین لباس‌هایش آتش گرفت و ۴۳٪ بدنش را دچار سوختگی جدی کرد که در نهایت ۱۸ روز بعد جان باخت. برخی از پروتکل‌های ایمنی وجود داشت که به‌کارگیری آن‌ها می‌توانست کمک‌کننده باشد، اما بی‌توجهی به بسیاری از آن‌ها، به عدم آموزش صحیح در زمینه ایمنی برمی‌گشت. این مورد یادآوری غم‌انگیز از اهمیت ارائه یا دریافت آموزش ایمنی صحیح برای تمامی کارشناسان آزمایشگاهی و همچنین اهمیت استفاده از وسایل حفاظت فردی مناسب است؛ زیرا روپوش آزمایشگاهی مقاوم به حریق با قابلیت درآوردن سریع ممکن بود جراحات سوختگی را کاهش دهد.

۱. استخراج‌شده از گزارش‌های خبری از جمله گزارشی از Toronto Star, A young lab worker, a professor and a deadly accident by Kate Allen, published March 30th, 2014 and accessed October 27th, 2021.

کفش و شلوار بلند

از آنجاکه روپوش آزمایشگاهی از پاهای به صورت کامل حفاظت نمی‌کند، استفاده از کفش‌های جلوبسته در زمان کار در آزمایشگاه بسیار حائز اهمیت است تا از پاهای خود محافظت کنید. از پوشیدن صندل‌های جلوباز، کفش‌های پاشنه‌بلند یا دیگر انواع کفش‌های باز در داخل آزمایشگاه خودداری کنید. اگر چیزی روی زمین بریزد، احتمالاً روی پنجه پاهای شما هم خواهد ریخت؛ بنابراین، از کفش‌های مناسب استفاده کنید. همچنین این موضوع برای قسمت‌های فوقانی پاهای شما نیز صدق می‌کند؛ بنابراین، از شلوار بلند استفاده کنید و از پوشیدن شلوار کوتاه خودداری کنید.

جنس بعضی از کفش‌ها ممکن است اصطکاک ایجاد کند که می‌تواند به تجهیزات حساس آسیب برساند یا حتی باعث انفجار مواد شیمیایی شود؛ بنابراین، هنگام انتخاب کفش برای استفاده در آزمایشگاه این نکته را نیز در نظر داشته باشید (شکل ۲-۴).



شکل ۲-۴) همیشه در آزمایشگاه باید کفش‌های جلوبسته و شلوار بلند بپوشید (تصویر از:

Sveinbjörn Gizurarson).

دستکش

دست‌های شما ارزشمند هستند؛ بنابراین، با پوشیدن دستکش از آن‌ها محافظت کنید! اهمیت دستکش‌ها قابل اغماض نیست، با این حال آن‌ها نمی‌توانند در مقابل تمام مواد شیمیایی محافظت ایجاد کنند؛ به همین دلیل مهم است مراقب باشید و همچنین بدانید چه نوع دستکشی برای کاری که انجام می‌دهید، بهترین کارایی را دارد. آیا دستکش لاتکس بهتر عمل می‌کند یا نیتریل؟ آیا دستکش‌های یکبار مصرف کافی هستند یا دستکش‌های ضخیم و مقاوم‌تر مطمئن‌ترند؟ مواد شیمیایی که قرار است با آن‌ها کار کنید، با توجه به انواع مختلف دستکش‌ها، نفوذپذیری‌های متفاوتی خواهند داشت؛ بنابراین، ارزش دارد این موضوع را پیش از انجام کار بررسی کنید. درحالی‌که دستکش‌ها به‌عنوان تجهیز حفاظت فردی مهم عمل می‌کنند، مهم است مراقب باشید و بدانید که برخی از مواد شیمیایی حتی می‌توانند بدون اینکه ردی از خود بر جای بگذارند، از انواع خاصی از دستکش‌ها عبور کنند و منجر به آسیب جدی شوند (برای مطالعه بیشتر به بخش قطرات مرگبار دی‌متیل جیوه در فصل ۴ مراجعه کنید) (شکل ۲-۵).



شکل (۲-۵) اطمینان یابید برای موادی که قرار است با آن‌ها کار کنید، دستکش مناسب پوشیده باشید (تصویر از: Sveinbjörn Gizurarson).

در کل، هنگام کار با مواد خورنده، ترکیبات سمی و مواد زیستی مانند نمونه‌های خونی یا میکروب‌ها همیشه باید از دستکش استفاده کنید. همچنین مهم است بدانید با دستکش‌ها به چه سطوحی دست می‌زنید. از دستکش‌ها برای باز کردن درب‌ها، استفاده از شیرهای آب، یا لمس قسمت‌های مشترکی که معمولاً افراد بدون دستکش آن را لمس می‌کنند، خودداری کنید؛ زیرا منجر به آلودگی آن قسمت‌ها شده که ممکن است برای فرد بعدی مضر باشد. ایمن‌تر و راحت‌تر است که دستکش‌های یک‌بارمصرف را در سطل پسماند بیندازید و دستکش‌های جدید بپوشید.

با ظهور گوشی‌های هوشمند، مشاهده افرادی که در آزمایشگاه گوشی‌هایشان را با دستکش استفاده می‌کنند، رایج‌تر شده است. این کار عاقلانه نیست! مواد شیمیایی کمی که ممکن است روی دستکش‌هایتان باشد، به گوشی‌تان منتقل می‌شود و در حین استفاده که گوشی را به سمت صورت‌تان می‌برید، ممکن است در تماس با صورت‌تان قرار گیرد. پیش از استفاده از تلفن همراه‌تان، دستکش‌هایتان را درآورید و به جنبه‌های ایمنی هر کاری که در آزمایشگاه انجام می‌دهید، فکر کنید.

زمانی که با مواد زیستی یا نمونه‌های استریل کار می‌کنید، نباید از زیورآلات استفاده کنید؛ زیرا آلودگی‌ها می‌توانند بین پوست و زیورآلات منتقل شوند و در آنجا باقی بمانند. حتی بعد از شست‌وشوی دقیق دست‌ها امکان حذف تمامی میکروب‌ها دشوار است. همچنین اگر با ترکیباتی که ممکن است با طلا یا جیوه واکنش داشته باشند، کار می‌کنید، باید تمام زیورآلات خود را درآورید.

برای اینکه بتوانید با مواد مختلف موجود در دستکش‌ها و مقاومت آن‌ها در برابر ترکیباتی که با آن‌ها کار می‌کنید، آشنا شوید، دستورالعمل‌های زیر ارائه شده است:

۱. **دستکش‌های مقاوم در برابر دما:** این دستکش‌ها باید توانایی تحمل دماهای بسیار بالا یا بسیار پایین، مانند مایعات برودتی (ازت مایع) را داشته باشند. نمونه‌ای از این دستکش‌ها عبارتند از: دستکش‌های Kevlar، دستکش‌های از جنس آلومینیوم که عایق خوبی در برابر

دماهای بسیار بالا و پایین فراهم می‌کنند، و دستکش‌های Zetex که مصنوعی بوده و مقاوم به دماهای بالا یا پایین و برخی از مواد خورنده هستند.

۲. دستکش‌های مقاوم در برابر مواد شیمیایی: این دستکش‌ها از انواع مختلف پلیمرها مانند لاتکس، نیتریل، پلاستیک بوتیل یا نیوپرن ساخته شده‌اند.

۱-۲. دستکش‌های بوتیل به اسیدهایی مانند اسید نیتریک، سولفوریک، فلوریک و همچنین ترکیبات اکسیدکننده مقاوم هستند. آن‌ها همچنین در برابر گازها، بخارات و بسیاری از ترکیبات دیگر مقاومت دارند. این دستکش‌ها در دمای سرد تغییر شکل نمی‌دهند.

۲-۲. دستکش‌های لاتکس حفاظت خوبی در برابر محلول‌های آبی، اسیدها و بازهای ضعیف، نمک‌ها و کتون‌ها فراهم می‌کنند. در اکثر موارد استفاده از این دستکش‌ها بسیار راحت است، اما ممکن است تحریک، خارش یا حساسیت ایجاد کنند. برخی از دستکش‌های لاتکس با کیفیت بالا ذرات کمتری آزاد می‌کنند که حساسیت را کاهش می‌دهد. استفاده از دستکش‌های لاتکس حاوی پودر توصیه نمی‌شود؛ زیرا ذرات با پودر موجود در دستکش ترکیب شده و باعث تحریک سطوح مختلف مخاطی می‌شوند. به علاوه پودر ممکن است با لباس‌های شما ترکیب شده یا محل کارتان را آلوده کند. توصیه می‌شود از دستکش‌هایی با ذرات لاتکس کمتر از ۱۰۰ میکروگرم در گرم استفاده کنید.

۳-۲. دستکش‌های نیوپرن محافظت بسیار خوبی را در برابر حلال‌های آلی، روغن‌ها، اسیدها و بازهای آلی فراهم می‌کنند. این دستکش‌ها انعطاف‌پذیر و مقاوم هستند.

۴-۲. دستکش‌های نیتریل قدرت محافظت بسیار خوبی در برابر ترکیبات کلردار مانند تری کلرواتیلن و پر کلرواتیلن دارند. این دستکش‌ها برای کارهای دقیق مناسب هستند. آن‌ها مقاوم، مستحکم و انعطاف‌پذیر هستند.

۵-۲. دستکش‌های وینیل به‌طور کلی نباید برای کار با مواد شیمیایی خطرناک یا میکروارگانیسم‌ها استفاده شوند؛ زیرا مقاومت نسبتاً کمی ایجاد می‌کنند.

دستکش‌های مقاوم در برابر مواد شیمیایی اغلب به‌صورت دستکش‌های نازک یکبارمصرف یا به شکل ضخیم چندبارمصرف در دسترس هستند. برای دستکش‌های یکبارمصرف اغلب مهم

است که در صورت وقوع نشت، آن‌ها را تعویض کنید تا خطر نشت مواد شیمیایی را به حداقل برسانید. دستکش‌های ضخیم و چندبارمصرف اغلب دارای آستری از نخ پنبه درون دستکش هستند و می‌توانند تا حدودی پس از وقوع نشتی بسته به نوع نشت، شست‌وشو داده شوند. این دستکش‌ها اغلب برای شست‌وشو و جمع‌آوری ظروف شیشه‌ای از حمام‌های اسیدی یا بازی استفاده می‌شوند. آگاهی از هرگونه نشت احتمالی در دستکش‌ها اهمیت ویژه‌ای دارد. در اغلب این دستکش‌ها در نواحی اطراف انگشتان و کنار دست‌ها به دلیل وجود ترک‌های کوچک احتمال نشت وجود دارد، به طوری که ممکن است مقاومت مناسبی فراهم نکنند. اگر این اتفاق افتاد، دستکش نباید مجدداً استفاده شود تا برای کاربر بعدی احساس امنیت کاذب ایجاد نکند.

در جدول زیر اطلاعاتی درباره رایج‌ترین انواع دستکش و مقاومت آن‌ها در برابر برخی مواد شیمیایی آورده شده است. این دستکش‌ها معمولاً براساس زمانی که برای نفوذ مواد شیمیایی به دستکش‌ها لازم است، ارزیابی می‌شوند. اگرچه این جدول می‌تواند به عنوان یک راهنمای مفید عمل کند، اما فقط به آن اعتماد نکنید. اطمینان یابید که اطلاعات ارائه شده تولیدکننده را بررسی کرده‌اید؛ زیرا جنبه‌های مهمی مانند ضخامت دستکش ممکن است میان تولیدکنندگان متفاوت باشد و بر مقاومت تأثیر بگذارد (جدول (۲-۱)).



جدول (۲-۱) مقاومت شیمیایی چند جنس متداول دستکش: ۱. قابل قبول، ۲. خوب، ۳. ضعیف، ۴. بسیار خوب. نواحی خالی نشان می‌دهند که دستکش‌ها هنوز آزمایش نشده‌اند یا اطلاعاتی درباره آن‌ها در دسترس نیست.

ترکیبات	نئوپرن	لاتکس	بوتیل	نیتریل	وینیل (PVC)
استالائید	VG	G	VG	G	P
استیک اسید	VG	VG	VG	VG	A
استون	G	VG	VG	P	P
استونتریل		A	G	P	P
آمونیم هیدروکسید	VG	VG	VG	VG	VG
آمیل استات	A	P	A	P	P
آنیلین	G	A	A	P	P
اسید باتری		G		VG	VG
بنزآلدئید	A	A	G	G	P
بنزن	P	P	P	A	P
اسید بوریک		G	G	G	
پوتان		P		VG	P

ترکیبات	نتونرن	لانتکس	بوتیل	فیتربیل	ونبیل (PVC)
بوتیل استات	G	A	A	P	P
بوتیل الکل	VG	VG	VG	VG	G
اکسید کادمیوم	G			G	
دی سولفید کربن	A	A	A	A	P
تتراکلرید کربن	A	P	P	G	P
روغن کرچک	A	P	A	VG	VG
اسید کلرواستیک	G		G		
کلروبنزن	A	P	A	P	P
کلروفرم	G	P	P	A	P
کلروفران	A	P	A	A	P
اسید کرومیک (۰.۵۰)	A	P	A	A	G
اسید سیتریک (۰.۱۰)	VG	VG	VG	VG	VG
کرزول	G	P		G	A



ترکیبات	نئوپرن	لاتکس	بوتیل	فیتریل	ونیل (PVC)
سیکلو هگزانول	G	A	G	VG	G
دی بوتیل فتالات	G	P	G	G	G
سخت دیول	G	P	P	VG	
دی ایزو بوتیل کتون	P	A	G	P	P
دی متیل فرماید	A	A	G	P	P
دی متیل سولفو کسید (DMSO)			G	G	P
دیوکتیل فتالات	G	P	A	VG	P
دی اکسان	VG	G	G	G	P
رزین های اپوکسی (خشک)	VG	VG	VG	VG	G
اتانول (الکل)	VG	VG	VG	VG	G
اتر (دی اتیل اتر)	VG	G	VG	VG	P
اتیل استات	G	A	G	A	P
اتیل الکل (اتانول)	VG	VG	VG	VG	G
اتیلن دی کلرید	A	P	A	P	P

ترکیبات	نمونه‌برداری	لاکس	بوتیل	نیتریل	وینیل (PVC)
اتیلن گلیکول	VG	VG	VG	VG	VG
اتیل اتر	VG	G	VG	G	P
سولفات آهن	G	G		G	
فرمالدئید	VG	VG	VG	VG	VG
فرماید	G		G		
اسید فرمیک	VG	VG	VG	VG	VG
فریون	G	P	A	G	P
فورفورال	G	G	G	G	P
بنزین (سرب‌دار یا بدون سرب)	G	P	A	VG	P
گلوآل‌آلدئید	G	G	G	G	
گلیسرین	VG	VG	VG	VG	VG



ترکیبات	نمونه	لاتکس	بوتیل	نیتریل	وینیل (PVC)
هگزان	A	P	P	G	P
هیدرازین (۶۵٪)	A	G	G	G	VG
اسید هیدروکلریک	VG	A	G	G	VG
اسید هیدروفلوریک (۴۸٪)	VG	G	G	G	VG
پراکسید هیدروژن (۳۰٪)	G	G	G	G	VG
هیدروکینون	G	G	G	A	VG
ایزوامیل الکل	G		G	G	
ایزوبوتیل الکل	G	VG	G	G	A
ایزواکتان	A	P	P	VG	P
ایزوپروپیل الکل	VG	VG	VG	VG	G
نفت سفید	VG	A	A	VG	A
کتون	G	VG	VG	P	
رقیق کننده های لاک	G	A	A	P	
اسید لاکتیک (۸۵٪)	VG	VG	VG	VG	VG

ترکیبات	نمونه‌برداری	لاکس	بوتیل	نیتریل	ونیل (PVC)
اسید لوریک (۳۶٪)	VG	A	VG	VG	A
اسید لینولئیک	VG	P	A	G	G
روغن بزرک	VG	P	A	VG	VG
روغن کاری	G	G	G		
اسید مالئیک	VG	VG	VG	VG	G
متیل استات	P	P	P		
متیل الکل (متانول)	VG	VG	VG	VG	G
متیل آمین	A	A	G	G	VG
متیلن بروماید	G	A	G	A	P
متیلن کلراید	P	P	P	P	P
متیل اتانول آمین	G	G			



ترکیبات	نمونه	لانس	بو تیل	فیتریل	ونیل (PVC)
متیل اتیل کتون	G	G	VG	P	P
متیل ایزوبوتیل کتون	A	A	VG	P	P
متیل متاکریلات	G	G	VG	A	
روغن معدنی	P	VG	A		
مونو اتانول آمین	VG	G	VG	VG	VG
مورفولین	VG	VG	VG	VG	P
نفتالین	G	A	A	G	P
نفتاس - الیفاتیک	VG	A	A	VG	P
نفتاس - اروماتیک	G	P	P	G	P
اسید نیتریک	P	P	P	P	P
اسید نیتریک ۷۰٪-۳۰٪	G	A	A	A	A
نیتروبنزن	P	G	P	P	
نیترومتان	A	P	A	A	P
نیتروپروپان	A	P	A	A	P

ترکیبات	نمونه	لاکس	بوتیل	فیتریل	وینیل (PVC)
اکتیل الکل	VG	VG	VG	VG	A
اسید اولئیک	VG	A	G	VG	A
اسید اگزالیک	VG	VG	VG	VG	
اسید پالمیتیک	VG	VG	VG	VG	G
اسید پرکلریک (۶۰٪)	VG	A	G	G	VG
پرکلرواتیلن	A	P	P	G	P
پروپن دی‌اکسید	G	G	G	G	
عرقیات نفتی	G	P	P	VG	
فل	VG	A	G	A	G
اسید فسفریک	VG	G	VG	VG	G
اسید پیکریک	G	G	G	VG	



ترکیبات	نئونرن	لاتکس	بوتیل	نیتریل	وینیل (PVC)
پتاسیم هیدروکسید	VG	VG	VG	VG	VG
پروپیل استات	G	A	G	A	P
پروپیل الکل	VG	VG	VG	VG	A
سیانید سدیم (جامد)	G	G		G	
فلورید سدیم	G	G		G	
هیدروکسید سدیم	VG	VG	VG	VG	G
هیپوکلریت سدیم	G	G	G	G	
سیلیکات سدیم			G	G	
استایرن	P	P	P	A	P
سولفوریل کلرید				G	G
اسید سولفوریک	G	G	G	G	G
اسید تانیک	VG	VG	VG	VG	VG
تتراهیدروفران	P	A	A	A	P
تولن	A	P	P	A	P

ترکیبات	نمونه	لایکس	بوتیل	نیتریل	وینیل (PVC)
تولوش دی ایزوسیانات	A	G	G	A	P
تری کلرواتیلن	A	A	P	G	P
تری اتانول آمین	VG	P	A	VG	VG
سفر	G	A	A	VG	P
روغن سزیرجات		P		VG	A
زایلن	P	P	P	A	P

محافظت تنفسی و ماسک‌ها

به حداقل رساندن خطر تنفس ذرات گردوغبار، گازها، بخارات و آئروسول در کارهای آزمایشگاهی مهم است. کار کردن در زیر هودهای شیمیایی با تهویه مناسب می‌تواند در بسیاری از موارد کمک کند، اما گاهی اوقات لازم است از وسایل محافظت تنفسی مناسب استفاده شود. ماسک‌ها در اکثر موارد هنگام کار با ترکیباتی مانند سیلیکاژل که گردوغبار یا ذرات تولید می‌کنند، کارآمد هستند؛ بنابراین، در این‌گونه شرایط باید استفاده شوند. ماسک‌های گاز شما را از بسیاری از گازهای مضر، بخارات و ذرات ریز محافظت خواهند کرد. در موارد شدیدتر ممکن است به یک ماسک گاز متصل به اکسیژن نیاز داشته باشید. برخی از این ماسک‌ها فقط دهان و بینی را می‌پوشانند، اما برخی دیگر کل صورت را پوشش می‌دهند (شکل ۲-۶).



شکل (۲-۶) برخی تحقیقات ممکن است نیازمند استفاده از ماسک به عنوان بخشی از تجهیزات حفاظت فردی (PPE) باشند (تصویر از: Sveinbjörn Gizurarson).

چگونه می‌توانید تجهیزات محافظت تنفسی مناسب را انتخاب کنید؟ چندین عامل مهم پیش از انتخاب باید مدنظر قرار گیرند. این عوامل شامل مقاومت، محدودیت زمان مواجهه (MEL)^۱ و سطح آستانه (TLV)^۲ هستند. MEL به عنوان حداکثر زمان قرار گرفتن در معرض پیش از شروع نشت ماسک تعریف می‌شود. TLV حداکثر غلظت مجاز در جو است تا ماسک همچنان محافظت ایجاد کند. همچنین مهم است نوع بخارات، گازها یا گردوغباری را که در برابر آن‌ها خود را حفاظت می‌کنید، در نظر بگیرید. آیا آن‌ها خورنده، حلال، سمی، تشعشعی، سرطان‌زا و غیره هستند یا حاوی ترکیباتی مانند آزبست می‌باشند؟ آیا گاز خطرناک است؟ هیچ ماسکی به تنهایی نمی‌تواند در لحظه در مقابل همه این مواد محافظت کند.

بیشتر ماسک‌ها دهان و بینی شما را حفاظت می‌کنند. ماسک‌های تنفسی معمولاً به سه دسته N، R یا P تقسیم می‌شوند. N نشان می‌دهد که ماسک «مقاوم به روغن نیست»، R برای «مقاوم به روغن» و P برای «ضد روغن» است. این کدها با یک عدد مانند ۹۵، ۹۹ یا ۱۰۰

1. Maximal Exposure Limit
2. Threshold Level



همراه می‌شوند که به میزان مقاومت آن‌ها بستگی دارد؛ برای مثال، N-95 حداقل ۹۵٪ از ذرات هوا را فیلتر می‌کند، اما مقاوم به روغن نیست، درحالی‌که P-100 ۹۹٫۹۷٪ مقاومت در برابر بیشتر بخارات حاوی روغن را دارد و همچنین شامل فیلتر^۱ HEPA (فیلتر هوای با راندمان بالا) است. یک دسته‌بندی دیگر برای کارایی ماسک‌ها، کارایی فیلتراسیون باکتریایی (BFE)^۲ و کارایی فیلتراسیون ویروسی (VFE)^۳ است. اگر خود را در برابر باکتری‌ها یا ویروس‌ها حفاظت می‌کنید، باید به درصد کارایی فیلتراسیون باکتریایی و/یا ویروسی برای انواع ماسک‌هایی که در حال استفاده از آن‌ها هستید، توجه کنید.

ماسک‌های گاز که به شما این امکان را می‌دهند تا از فیلترهای مختلف و متعددی استفاده کنید، محافظت تنفسی مؤثرتری را فراهم می‌کنند. این فیلترها دارای کد رنگ هستند که هر رنگ مقاومت آن‌ها را نشان می‌دهد (جدول (۲-۲)).

مهم است که از ماسک‌ها به‌درستی استفاده کنید و زمان باز کردن ماسک را یادداشت کنید تا طول عمر آن را در نظر داشته باشید. مهم است از حداکثر زمان استفاده از ماسک تجاوز نشود.

1. High Efficiency Particulate Air
2. Bacterial Filtration Efficiency
3. Viral Filtration Efficiency

جدول (۲-۲) رنگ‌بندی فیلترها برای ماسک‌های گاز. با توجه به اینکه رنگ‌بندی ممکن است بسته به منطقه جغرافیایی کمی متفاوت باشد، اطمینان یابید که این جدول برای منطقه شما معتبر است.

نوع ماده شیمیایی	رنگ
بخارات اسیدی	سفید
بخاراتی که ممکن است حاوی سیانید باشند	سفید با خط‌های سبز
گاز کلر	سفید با خط‌های زرد
بخارات حاصل از حلال‌های آلی	مشکی
بخارات حاصل از آمونیاک	سبز
بخارات حاوی اسید و آمونیاک	سبز با خط‌های سفید
مونوکسید کربن	آبی
بخارات حاوی اسید و حلال‌های آلی	زرد
گاز هیدروسیانیک اسید و بخار کلروپیکرین	زرد با خط‌های آبی
بخارات حاوی اسید، حلال‌های آلی و آمونیاک	قهوه‌ای
ذرات حاوی مواد رادیواکتیو (جز تریتیوم و گازهای نجیب)	ارغوانی
بخارات حاوی اسید، حلال‌های آلی، آمونیاک، کلر و مونوکسید کربن	قرمز با خط‌های طوسی
هر گونه ذرات - P100	بنفش

هر بار که از یک فیلتر جدید استفاده می‌کنید، مطمئن شوید کاملاً نو و سالم است و آن را براساس دستورالعمل‌ها استفاده کنید. هر فیلتر دارای تاریخ انقضا است. ماسک‌ها و فیلترهای استفاده‌شده باید دور انداخته شوند.

موها

توصیه می‌شود حین کار در آزمایشگاه موهای بلند را ببندید یا آن‌ها را زیر روپوش آزمایشگاهی قرار دهید (شکل ۲-۱) را ببینید). موهای بلند ممکن است در دستگاه‌های چرخشی گیر کنند، مواد شیمیایی را جذب کنند، یا آتش بگیرند. اگر با نمونه‌های بیولوژیکی کار می‌کنید، موهای خود را طوری محافظت کنید تا هیچ چیزی از آنچه را که با آن کار می‌کنید، جذب نکند. اگر کار شما منجر به ایجاد آئروسول یا بخارات شود، این موضوع نیز مهم است. لباس‌هایی که از روپوش آزمایشگاه شما بیرون می‌آیند نیز، ممکن است با جذب ناخواسته مواد بیولوژیکی یا شیمیایی آلوده شوند.

برای مثال، حتی مشاهده می‌شود افرادی که آلرژی به گرده دارند، وقتی گرده وارد بدنشان می‌شود، علائم آن‌ها تا زمانی که لباس را عوض کرده، موهای خود را شسته و بیشتر مواد آلرژی‌زا را از محیط خود پاک کنند، باقی می‌ماند.

پیش‌بند سربی و محافظ‌ها

اگر با مواد رادیواکتیو یا اشعه ایکس کار می‌کنید، مهم است پرتوهای را که در معرض آن‌ها قرار خواهید گرفت، محدود کنید. یک سپر مناسب و/یا پیش‌بند سربی از جمله تجهیزات حفاظت فردی هستند که می‌توانید برای محدود کردن قرارگیری در معرض تابش از آن‌ها استفاده کنید. اعضای تناسلی باید محافظت شوند. مواد رادیواکتیو نیز باید به‌درستی نگهداری شوند تا از گسترش تشعشعات به خارج از محدوده ظرف نگه‌دارنده جلوگیری شود. این مواد اغلب در یک ظرف با پوشش محافظ پلکسی‌گلاس یا در برخی موارد با سرب نگهداری می‌شوند (برای اطلاعات بیشتر به فصل ۶ مراجعه کنید).

تمرین

از شما خواسته شده است به انبار بروید و دو لیتر استون را از یک بشکه تهیه کنید. تجهیزات حفاظت فردی مناسب را انتخاب کنید.

تمرین

در شکل زیر چند مورد نقض ایمنی می‌توانید ببینید؟



این تصویر حاوی تعداد زیادی نقض ایمنی است. آیا می‌توانید همه آن‌ها را پیدا کنید؟
(تصویر از: Birkir Eyþór Ásgeirsson).

فصل سوم: آزمایشگاه

خطرات در آزمایشگاه

هنگام کار در آزمایشگاه اغلب با خطرات بیشتری نسبت به مکان‌های کاری دیگر مواجه می‌شویم، به‌خصوص زمانی که با موارد ناشناخته کار می‌کنیم. بسیاری از مواد شیمیایی قابل اشتعال و حتی منفجره هستند و در صورت عدم استفاده از روش‌های ایمن و عدم دقت، ممکن است مشکل‌ساز شوند؛ برای مثال، تولید گاز/دود سمی. خطرات بیولوژیکی می‌تواند در محل کار پخش شود و احتمال دارد شما یا افراد نزدیکتان با نمونه‌های بیولوژیکی مورد استفاده آلوده شوید.

شما می‌توانید میزان خطر مواد شیمیایی را در طبقه‌بندی‌های مواد خطرناک موجود در آزمایشگاه‌های دانشگاه‌ها، مؤسسات تحقیقاتی و صنعت پیدا کنید. برخی از مواد شیمیایی می‌توانند سرطان‌زا یا تراتوژن باشند. برخی از آزمایشگاه‌ها روی سنتز ترکیبات جدید یا با ارگانوسم‌های ناشناخته کار می‌کنند؛ جایی که هیچ‌کس نمی‌داند مواد شیمیایی و/یا میکروب‌ها چه خواصی دارند. برای ایمنی کامل تنها دسترسی به امکانات و تجهیزات کافی نیست، بلکه باید تمام اقدامات ایمنی را نیز رعایت کنید. همچنین مهم است همه افرادی که در آزمایشگاه کار می‌کنند، دستورالعمل‌های مناسب را دنبال کنند و از خطرات احتمالی ناشی از مواد شیمیایی، تجهیزات و هرچیز دیگری که در آزمایشگاه وجود دارد، آگاه باشند. کارکنان جدید و دانشجویان در آزمایشگاه‌ها در معرض بیشترین خطر هستند. با توجه به اینکه معمولاً محل کار جدید ناشناخته است، تشخیص جایگاه خطرات می‌تواند دشوار باشد. خطرناک‌ترین مواد شیمیایی کجا ذخیره می‌شوند؟ حتی دانشمندان باتجربه نیز در صورت بی‌دقتی یا حواس‌پرتی در معرض خطر هستند؛ بنابراین، مهم است با امکانات و وظایفی که در انتظار

شماست، به خوبی آشنا شوید. مواد شیمیایی ساده و نسبتاً ایمن در صورت استفاده نادرست یا بی‌دقتی می‌توانند خطرناک شوند. در این فصل برخی از پروتکل‌ها را پوشش خواهیم داد و بهتر است مواردی را که باید از آن‌ها اجتناب شود، یادداشت کنید. آگاهی از خطرات، ایمنی شما و همچنین همکارانتان را افزایش می‌دهد. به یاد داشته باشید هنگام کار در آزمایشگاه همیشه از تجهیزات حفاظت فردی مناسب استفاده کنید (فصل ۲). همچنین به یاد داشته باشید هرگز به تنهایی در آزمایشگاه کار نکنید.

خوشبختانه آموزش ایمنی در بیشتر مکان‌ها یک پیش‌نیاز در نظر گرفته می‌شود، پیش از اینکه کارکنان و دانشجویان جدید مجوز ورود به آزمایشگاه را داشته باشند. باین‌حال حوادث هنوز هم ممکن است رخ دهند و بنابراین مهم است تمرکز داشته باشید، در هر کاری که انجام می‌دهید، مراقب باشید و حواس‌تان پرت نشود. ظروف شیشه‌ای شکسته مسبب اکثر بریدگی‌ها در آزمایشگاه‌ها هستند. متأسفانه حوادث شیمیایی نیز بسیار رایج هستند. حوادث غیرمرتبط با محیط آزمایشگاه مانند افتادن به دلیل لغزنده بودن کف، ترک یا ناهمواری در کف نیز مرتباً در آزمایشگاه‌ها اتفاق می‌افتند، پس مراقب باشید. وقتی آمارها مورد مطالعه قرار می‌گیرند، این موضوع نگران‌کننده است که چه تعداد از حوادث مربوط به چشم‌ها رخ می‌دهد؛ جایی که استفاده از عینک ایمنی ارزش حفاظتی قابل‌توجهی دارد. هنگام کار با ابزارهای دقیق‌تر، مشکلات جدیدی مانند ماندن در یک موقعیت برای مدت طولانی یا انجام حرکات تکراری مانند هنگام کار روی آماده‌سازی نمونه به وجود می‌آید.

ویژگی‌های ایمنی در آزمایشگاه

در اکثر آزمایشگاه‌های دانشگاه‌ها، مؤسسات تحقیقاتی و همچنین در صنعت، پیش از ورود باید ببینید چه خطراتی وجود دارد. این کار اغلب از طریق وجود یک علامت ساده که دارای اطلاعاتی درباره تجهیزات و انواع خطرات شیمیایی یا بیولوژیکی در آزمایشگاه است، انجام می‌شود (شکل ۳-۱). تمام آزمایشگاه‌ها ویژگی متمایز خود را دارند. برخی به‌طور خاص برای کار با میکروارگانیسم‌ها، برخی دیگر برای مواد شیمیایی، یا کار با لیزر و غیره طراحی شده‌اند.

این بدان معناست که استانداردهای آنها می‌توانند کاملاً متفاوت باشند و این مسئولیت شماست که با آنها آشنا شوید. همچنین مسئول آزمایشگاه در قبال ارائه کردن آموزش مناسب و اطلاعات موردنیاز، مسئول است؛ بنابراین، اطمینان یابید که آزمایشگاه استانداردهای ایمنی لازم را رعایت می‌کند. تمام ویژگی‌های ایمنی و حفاظتی باید با توجه به کاری که فضای آزمایشگاه برای آن در نظر گرفته شده است، تنظیم شوند.

اولین چیزی که هنگام ورود به آزمایشگاه جدید باید به آن توجه کنید، این است که تجهیزات ایمنی اصلی در کجا قرار دارند. سینک‌ها کجا هستند؟ و آیا سینک مخصوص شست‌وشوی دست وجود دارد؟ ایستگاه دوش و شست‌وشوی چشم اضطراری کجاست؟ مطمئن شوید که می‌دانید چگونه با آنها کار کنید تا به این ترتیب پیش از وقوع حادثه آماده باشید، نه اینکه در طول حادثه متوجه آن شوید. همچنین مهم است که ویژگی‌های ایمنی به‌طور منظم بررسی شوند. اگر ایستگاه دوش / شست‌وشوی چشم برای مدت طولانی استفاده نشود، اولین آبی که از لوله‌ها می‌آید، ممکن است زنگ‌زده باشد و در مواقع اضطراری استفاده از آب کثیف مناسب نیست. بسته به نوع ایستگاه دوش / شست‌وشوی چشم، حتی ممکن است آنقدر زنگ‌زده باشد که در صورت نیاز به‌درستی کار نکند، همان‌طور که مطالعه موردی زیر توضیح می‌دهد.

Building Hagi Room: 224 (north)

Responsible #1 Sveinbjörn Gizurarson

Responsible #2 Benjamin Ragnar Sveinbjörnsson

INSIDE THIS LABORATORY, THERE ARE FOLLOWING DANGERS:

Flammables

Health hazards: 4
Flammables: 2
Reactives: 1
Special precautions: 0

4 – Very high
3 – High
2 – Moderate
1 – Small
0 – Almost none

Special precautions:

Methanol, acetonitrile, acetone and other solvents in small amounts.

Samples of bioactives.

☐ Flammable gas ☒ Flammable liquids ☐ Toxic gas or fumes ☐ Corrosives ☐ Reactive to water ☐ Radioactive compounds ☒ Carcinogens ☐ Laser	☐ Biological hazards ☐ Laboratory animals ☐ High pressure or vacuum ☒ High/low temperature ☐ High voltage ☐ Centrifuges ☐ Pressurized gas ☒ Other: <u>Autoclave</u>
---	---

Note!
This room is approved for radioactive work

Maintenance: Jón K. Marteinnsson

Safety officer: Sveinbjörn Gizurarson

شکل (۳-۱) نمونه‌ای از برچسب ایمنی است که در خارج از آزمایشگاه قرار می‌گیرد؛ بنابراین، در مواقع اضطراری می‌توانید به سرعت خطرات موجود را پیش از ورود شناسایی کنید (تصویر از: *Sveinbjörn Gizurarson*).

ایستگاه شست‌وشوی چشم زنگ‌زده که کار نمی‌کند^۱

یک روز عصر یک استاد شیمی با یکی از همکارانش در آزمایشگاه مشغول کار بود که احساس کرد که شاید چیزی به چشمش رفته باشد. او عینک ایمنی به چشم داشت، اما نه عینک ایمنی محافظ‌دار که بتواند از این حادثه جلوگیری کند. او که مطمئن نبود فقط گردوغبار بوده یا چیز دیگری وارد چشمش شده است، تصمیم گرفت چشمانش را بشوید تا در امان بماند.

ایستگاه‌های شست‌وشوی چشم در این ساختمان به گونه‌ای به شیرهای سینک متصل بودند که باید یک میله فلزی کوچک را روی شیر فشار می‌داد تا مسیر آب از شیر به چشم‌شوی تغییر کند. متأسفانه ایستگاه‌های شست‌وشوی چشم به‌طور منظم چک نشده نبودند و آن‌ها نمی‌توانستند آن را تا انتها فشار دهند تا جریان آب به چشم‌شوی تغییر یابد. آن‌ها به ایستگاه بعدی شست‌وشوی چشم رفتند، اما همان مشکل را داشت. خوشبختانه سینک به اندازه‌ای بزرگ بود که همکارش بتواند به او کمک کند تا چشم‌هایش را با استفاده از شیر آب معمولی بشوید و هیچ آسیبی به چشم‌هایش وارد نشود. پس از آن دوباره سعی کردند ببینند ایستگاه‌های شست‌وشوی چشم کار می‌کنند یا خیر و در نهایت آن را به کار انداختند، اما به یک آچار برای کوبیدن میله نیاز داشتند. به‌منظور پیگیری، ایستگاه‌های شست‌وشوی چشم در فاصله زمانی منظم‌تری چک شدند و از آن زمان به سیستمی که به‌راحتی زنگ نزند، تغییر یافتند.

^۱. این مورد، تجربه شخصی دو محقق بود که در این داستان ذکر شده است.

همچنین باید پیش از شروع به کار در آزمایشگاه مطمئن شوید که جای سایر تجهیزات ایمنی مانند کپسول‌های آتش‌نشانی، پتوهای آتش‌نشانی، کیت‌های جاذب مواد ناشی و غیره را می‌دانید.

تمام آزمایشگاه‌ها همچنین باید حداقل دو مسیر فرار بالقوه داشته باشند و در مواقع اضطراری که نیاز به تخلیه سریع دارد، مهم است بدانید نزدیک‌ترین خروجی‌ها کجا هستند. چیدمان در آزمایشگاه و ساختمان باید به گونه‌ای باشد که مسیر فرار همیشه از کابل‌ها یا مواردی که ممکن است مانع یا باعث کند کردن فرار فرد می‌شوند، خالی باشد. آستانه درب

همچنین می‌تواند خطر سقوط ایجاد کند؛ بنابراین، آن‌ها در صورت امکان نباید در آزمایشگاه‌ها وجود داشته باشند.

محیط کار اصلی

محیط کار باید با در نظر گرفتن وظایفی که در آنجا انجام خواهد شد، طراحی شود. کف و در حالت ایدئال دیوارها نیز باید دارای یک سطح مقاوم در برابر مواد شیمیایی باشند که به راحتی تمیز شوند. میزها باید از موادی ساخته شوند که در تماس کوتاه مدت با مواد شیمیایی مختلف از جمله اسیدها و بازها مقاومت کنند. انتظار نمی‌رود اثر تماس با مواد شیمیایی روی هیچ میزی وجود نداشته باشد؛ برای مثال، اسید مسیر عبور خود را می‌سوزاند. بهتر است سطوح براق نباشند؛ زیرا در غیر این صورت احتمال دارد تأثیر بیشتری بر خواندن نتایج داشته باشد؛ مثلاً، هنگام تمایز بین رنگ‌ها. اکثر آزمایشگاه‌ها باید شرایط کاری نشسته و ایستاده را در نظر بگیرند. صندلی‌ها/ چهارپایه‌ها باید قابل تنظیم و دارای پوششی باشند که به راحتی تمیز شوند.

هودهای شیمیایی و تهویه مطبوع در آزمایشگاه‌ها برای حذف تمام بخارات و گازهایی که می‌توانند تشکیل شوند، مهم هستند. کار با مواد شیمیایی فرار باید در زیر هود شیمیایی و کار با مواد بیولوژیکی باید در کابینت‌های ایمنی بیولوژیکی (BSCs)¹ انجام شود. تهویه هوای هود شیمیایی باید به اندازه کافی قدرتمند باشد تا از استنشاق بخار مواد شیمیایی مورد استفاده توسط محققان جلوگیری کند و همچنین از بالا رفتن چگالی بخار حلال‌ها به حدی که ممکن است خودبه‌خود شروع به سوختن کنند، جلوگیری کند. حداقل استانداردهای جریان هوا برای هودهای شیمیایی بستگی به اندازه آن‌ها دارد، اما هودهای شیمیایی و کابینت‌های ایمنی بیولوژیکی باید به‌طور مرتب بررسی شوند تا ببینیم آیا استانداردهای سازنده را برآورده می‌کنند یا خیر. همچنین باید در نظر داشت که هودهای شیمیایی و کابینت‌های ایمنی بیولوژیکی در صورت عدم استفاده صحیح، کار خود را انجام نمی‌دهند. سعی کنید تا حد امکان هودها را بسته نگه دارید و در صورت نیاز به باز کردن آن‌ها بیش از ارتفاع پیشنهادی، این کار را به

مدت کوتاه و در زمانی انجام دهید که محتویات زیر هود خطری برای خود شما یا دیگران نداشته باشند.

به‌طور کلی، تمیز و منظم نگه‌داشتن فضای کاری بسیار مهم است. یک فضای کاری منظم، هم می‌تواند ایمنی محیط کار شما را افزایش دهد و هم به شما کمک می‌کند در کار خود کارآمدتر شوید؛ زیرا نیاز ندارید زمان زیادی را صرف جست‌وجوی وسایل کنید. همچنین مهم است محیط کار به‌خوبی روشنایی داشته باشد؛ بنابراین، مطمئن شوید روشنایی لازم فراهم شده است.

ذخیره‌سازی مواد بیولوژیکی

تمام کابینت‌ها، یخچال‌ها و فریزرهایی که برای نگهداری نمونه‌های بیولوژیک استفاده می‌شوند، باید به‌خوبی برچسب‌گذاری شده و به‌طور مرتب ضدعفونی شوند. آن‌ها باید همیشه در آزمایشگاه‌های ایمنی زیستی مناسب (BSL-1، BSL-2، BSL-3 یا BSL-4) نگهداری شوند و فقط به کسانی که مجوز کار با این نمونه‌ها را دارند، اجازه دسترسی داده شود.

ذخیره‌سازی مواد شیمیایی

مقدار زیادی از مواد شیمیایی در آزمایشگاه‌ها، به‌ویژه آزمایشگاه‌های مؤسسات تحقیقاتی و دانشگاه‌ها استفاده می‌شوند. در مراکز تحقیقاتی اغلب اتاق‌های مخصوص نگهداری مواد شیمیایی وجود دارد تا مواد شیمیایی را به روشی ایمن ذخیره کنند. مواد شیمیایی در داخل آزمایشگاه معمولاً در قفسه‌ها یا در کمد‌های تهویه‌دار مخصوص نگهداری می‌شوند. هنگامی که مواد شیمیایی در قفسه نگهداری می‌شوند، مهم است قفسه‌ها باز نباشند تا مواد شیمیایی به‌راحتی بیرون نریزند. به‌طور کلی، تمام مواد شیمیایی باید در یک ظرف ثانویه یا جایگاهی که می‌تواند به‌عنوان ظرف ثانویه عمل کند (برای مثال، کمد) ذخیره شوند. ذخیره‌سازی باید به گونه‌ای باشد که در صورت وقوع حادثه مانند زلزله، آسیب ناشی از نشت مواد شیمیایی به

حداقل برسد. همچنین باید دسترسی آسان برای خواندن برچسب‌ها را فراهم کند و همه ظروف باید دارای برچسب سالم هشدار باشند.

هنگام سامان‌دهی وضعیت ذخیره‌سازی مواد شیمیایی حتماً دستورالعمل‌های همراه محصول را که معمولاً روی برچسب نوشته شده‌اند، دنبال کنید؛ برای مثال، موقع خطر و اقدامات احتیاطی درباره شرایط نگهداری، ماده شیمیایی در چه دمایی باید نگهداری شود؟ آیا به نگهداری تحت شرایط خلأ نیاز هست؟

اکثر آزمایشگاه‌ها دارای کابینت‌های ایمنی برای مواد قابل اشتعال هستند که تمام حلال‌ها و مواد شیمیایی قابل اشتعال از جمله اکثر حلال‌های آلی باید در آن‌ها ذخیره شوند. مواد شیمیایی قابل اشتعال نیز هرگز نباید در مجاورت وسایلی باشند که می‌توانند جرقه ایجاد کنند یا سیم داغ دارند.

نکته مهم دیگر، سازگاری با مواد شیمیایی همجوار است؛ برای مثال، ما باید اسیدها را جدا از بازها ذخیره کنیم؛ زیرا آن‌ها می‌توانند در صورت بروز حادثه به‌شدت با یکدیگر واکنش نشان دهند یا در حالت دیگر محصولات سمی تولید کنند. هنگام سامان‌دهی فضای ذخیره‌سازی، این جنبه‌ها را در نظر بگیرید. در زیر برخی از دستورالعمل‌های اساسی آمده‌اند که ممکن است مفید باشند، اما با توجه به اینکه بسیاری از مواد شیمیایی ممکن است در بیش از یک طبقه از طبقه‌بندی‌های خطر قرار گیرند، بازبینی برگه‌های اطلاعات ایمنی برای راهنمایی بیشتر درباره الزامات ذخیره‌سازی مهم است.

✓ **اسیدها:** باید در کابینت‌های مخصوص اسید و جدا از بازها نگهداری شوند. انواع مختلف اسیدها مانند اسیدهای آلی و اسیدهای اکسیدکننده نیز باید از هم جدا شوند. اسیدها همچنین باید دور از فلزات فعال (لیتیوم، سدیم و غیره) و مواد شیمیایی که می‌توانند گازهای سمی تولید کنند (مانند سیانید سدیم) ذخیره شوند.

✓ **بازها (آلکالین‌ها):** باید دور از اسیدهایی نگهداری شوند که در همان کابینت وجود دارند.

✓ **مواد قابل اشتعال:** باید در کابینت‌های ایمنی مخصوص مواد قابل اشتعال قرار داده شوند و همیشه دور از منابع احتمالی احتراق باشند. آن‌ها باید جدا از اکسیدکننده‌ها و اسیدهای اکسیدکننده نگهداری شوند.

✓ **اکسیدکننده‌ها:** باید جدا از مواد آلی نگهداری شوند؛ زیرا می‌توانند به‌شدت با آن‌ها واکنش نشان دهند. همچنین به‌دور از مواد قابل احتراق، عوامل کاهنده، حلال‌های آلی و سایر مواد قابل اشتعال قرار داده شوند. بهتر است آن‌ها در مکان‌های خشک و خنک نگهداری شوند.

✓ **مواد پیروفروریک:** این ترکیبات می‌توانند خودبه‌خود در هوا مشتعل شوند؛ بنابراین، باید در محیطی عاری از هوا و آب و دور از مواد قابل اشتعال نگه‌داشته شوند. بهتر است این ترکیبات در مکان‌های خشک و خنک نگهداری شوند.

✓ **مواد شیمیایی واکنش‌دهنده با آب:** این ترکیبات باید در محیطی بدون آب نگهداری شوند؛ زیرا به‌شدت با آب واکنش نشان می‌دهند که می‌تواند شامل برخی از فلزات قلیایی باشد. آن‌ها اغلب در ظروفی قرار می‌گیرند که فلز در روغن غوطه‌ور می‌شود تا ایمن‌تر بماند. این مواد به‌دلیل خطر واکنش‌های شدید باید دور از مواد قابل اشتعال و در جای خشک و خنک نگهداری شوند.

نمودار شکل (۳-۲) برخی از دستورالعمل‌های تقریبی درباره سازگاری شیمیایی را ارائه می‌دهد، اما به یاد داشته باشید که برگه‌های اطلاعات ایمنی را با در نظر گرفتن اینکه برخی از مواد شیمیایی می‌توانند در بیش از یک طبقه قرار گیرند، دوباره بررسی کنید.

برخی از مواد شیمیایی باید در دماهای پایین‌تر، در یخچال یا فریزر، ۲۰- درجه سانتی‌گراد (۴- درجه فارنهایت) یا حتی در ۸۰- درجه سانتی‌گراد (۱۱۲- درجه فارنهایت) نگهداری شوند. هنگام نگهداری مواد شیمیایی در یخچال یا فریزر مهم است مطمئن شوید واحد خنک‌کننده‌ای که مواد شیمیایی در آنجا ذخیره می‌شود، استانداردهای ایمنی لازم را رعایت می‌کند. اگر این‌ها شامل ترکیبات بالقوه منفجره باشد، باید از یخچالی با فضای داخلی ضد انفجار یا حداقل یخچال بدون جرقه استفاده شود.

همیشه برگه اطلاعات ایمنی را جهت سازگاری، دوبار بررسی کنید	 اسید	 باز	 قابل اشتعال	 اکسید کننده	 سمی
اسید 	✓	✗	✗	✓	✗
باز 	✗	✓	✓	✓	✓
قابل اشتعال 	✗	✓	✓	✗	✓
اکسید کننده 	✓	✓	✗	✓	✓
سمی 	✗	✓	✓	✓	✓

شکل (۳-۲) نموداری است که دستورالعمل‌های تقریبی درباره سازگاری شیمیایی را ارائه می‌دهد. مطمئن شوید مواد شیمیایی ناسازگار را جدا از یکدیگر نگهداری می‌کنید (همه پیکتوگرام‌های خطر از سیستم جهانی هماهنگ طبقه‌بندی و برچسب‌گذاری مواد شیمیایی (GHS)، ویرایش ۹ و با مجوز سازمان ملل استفاده شده است).

آتش‌سوزی یخچال^۲

در یکی از آزمایشگاه‌های دانشگاه ایسلند در سال ۲۰۱۶ آتش‌سوزی رخ داد. خوشبختانه این آتش‌سوزی در زمانی اتفاق افتاد که هیچ‌کس در آزمایشگاه کار نمی‌کرد، اما این اتفاق منجر به آسیب جدی به آزمایشگاه و لوازم موجود در آنجا شد. پس از بررسی احتمال می‌رفت آتش از یک یخچال منشأ گرفته باشد. آتش‌سوزی دیگری در سال ۱۹۹۸ در یک یخچال در آزمایشگاه مجاور رخ داد. از آن زمان دانشگاه تمام مواد شیمیایی قابل انفجار را در یخچال‌های ضد انفجار نگهداری کرد.

۲. این مورد از یک خبر ایسلندی از RÚV درباره این آتش‌سوزی استخراج شده است:

Sigurðarson, G. Talið að kviknað hafi í út frá ísskáp [Fire suspected to have ignited from a refrigerator], published October 25th, 2016 and last accessed October 31st, 2021. <https://www.ruv.is/frett/talid-adkviknad-hafi-i-ut-fra-isskap>.

پس از استفاده از مواد شیمیایی به یاد داشته باشید آن‌ها را در محل نگهداری مناسب خود در آزمایشگاه قرار دهید و مطمئن شوید که محل کار، محل نگهداری و ظروف به اندازه کافی تمیز هستند.

نگهداری و استفاده از گاز در آزمایشگاه

لوله‌های گاز برای گازهای قابل اشتعال فقط باید در محلی باشند که برای کار با شعله باز مجاز است. استفاده از شعله در آزمایشگاه همیشه منوط به نبود مواد قابل اشتعال در مجاورت شعله است. اگر نیاز به گرم کردن حلال‌های قابل اشتعال باشد، باید با استفاده از صفحات داغ (یا دیگر جایگزین‌های گرمایشی کافی) و زیر یک هود شیمیایی انجام شود. مهم است در آزمایشگاه‌هایی که افراد با گازهای بالقوه خطرناک کار می‌کنند، آشکارسازهای گاز مربوط وجود داشته باشند و ترجیحاً به سیستم امنیتی ساختمان نیز متصل باشند.

بسیاری از آزمایشگاه‌ها از گاز ذخیره‌شده در سیلندره‌های گاز فشار بالا، برای مثال، آرگون یا نیتروژن برای کار در شرایط خلأ استفاده می‌کنند. این سیلندره‌های گاز باید به‌درستی در یک کابین گاز مناسب یا به دیوار بسته شوند (شکل (۳-۳)). در مناطقی که خطر زلزله زیاد است،

بهتر است سیلندرهاى گاز از دو ناحیه بسته شوند. اگر این سیلندرهاى گاز تحت فشار محکم نشوند، خطر سقوط، آسیب دیدن و کاهش سریع فشار آنها وجود دارد. در یکی از قسمت‌های Mythbusters (یک برنامه تلویزیونی سرگرمی علمی) آزمایش کردند که آیا سیلندر گازی که به سرعت کاهش فشار می‌دهد، می‌تواند از دیوار عبور کند یا خیر. در آزمایش آنها، «سیلندر هوا مانند یک موشک» از یک دیوار بتنی عبور کرد و یک فرورفتگی قابل توجه در دیوار بعدی پشت آن، حدود دو متر (شش فوت) نیز ایجاد کرد.



شکل (۳-۳) تمام سیلندرهاى فشارقوى باید محکم بسته شوند تا از سقوط آنها جلوگیری شود. سیلندر گاز سمت چپ به دیوار بسته نشده است، درحالى که سیلندر سمت راست با استفاده از بند مخصوص به دیوار بسته شده است (تصویر از: Benjamín Ragnar Sveinbjörnsson).

ظروف شیشه‌ای و نگهداری عمومی

بسیاری از ظروف شیشه‌ای، مواد مصرفی و لوازم در آزمایشگاه‌ها باید به گونه‌ای سامان‌دهی و نگهداری شوند که در صورت افتادن آنها از قفسه‌هایشان، خطر حوادث را به حداقل برسانند. اگر در منطقه‌ای کار می‌کنید که در آن زمین‌لرزه رایج است، مراقب خطرات زلزله باشید؛ زیرا احتمال سقوط ظروف شیشه‌ای وجود دارد. تمام قفسه‌های نگهداری باید به خوبی بسته

شوند و نباید با وسایل سنگینی که بر تحمل یا عدم تحمل وزن قفسه تأثیر می‌گذارند، بارگذاری شوند.

حمل و نقل داخل یا بین آزمایشگاه

کلیه امور مربوط به حمل و نقل مواد شیمیایی به داخل و خارج آزمایشگاه باید تا حد امکان به روش ایمن انجام شود. مواد شیمیایی باید همیشه در یک ظرف ثانویه حمل شوند و بهتر است در صورت امکان از یک سینی در زیر ظرف نیز استفاده کنید. توجه ویژه به استفاده از ظروف ثانویه برای حمل اسیدها و/یا بازهای قوی برای اطمینان از افتادن آن‌ها روی زمین و ایجاد آسیب ضروری است. همین امر در زمینه حمل و نقل سیلندرهای گاز و مایعات برودتی نیز صدق می‌کند. اگر از آسانسور برای حمل و نقل مایعات برودتی استفاده می‌شود، اکیداً توصیه می‌شود که کسی آن را در آسانسور همراهی نکند. هنگامی که مایع تبخیر می‌شود، می‌تواند هوا (از جمله اکسیژن موجود در هوا) را به سمت بیرون بکشد که وضعیت خطرناکی ایجاد می‌کند.

ایمنی برق

تقریباً تمام ابزارهایی که ما استفاده می‌کنیم، دارای انرژی الکتریکی هستند و با توجه به وجود خطرات شیمیایی و/یا بیولوژیکی در آزمایشگاه، به راحتی می‌توان فراموش کرد که باید به ایمنی برق نیز توجه داشته باشیم.

هنگامی که صحبت از ایمنی برق به میان می‌آید، دانستن محل تابلوهای برق مهم است تا بتوانید در مواقع اضطراری به سرعت جریان برق را قطع کنید. همیشه باید راه دسترسی آسان به این تابلوها وجود داشته باشد؛ بنابراین، مطمئن شوید که محیط اطراف آن به هم ریخته نباشد. همچنین این تابلوها در صورت قطع برق می‌توانند محل خوبی برای بررسی قطعی برق در آزمایشگاه یا قطعی در محل مهم‌تری باشند. همیشه بهتر است برای شرایط مختلف از جمله قطع برق برنامه‌ای آماده داشته باشید. در زمان قطع برق هودهای شیمیایی تهویه

مناسب را متوقف می‌کنند؛ بنابراین، نباید در زمان قطعی برق از آن‌ها استفاده کنید. همچنین باید مراقب بخارات احتمالی مواد شیمیایی موجود در زیر هودهای شیمیایی باشید. مواد شیمیایی حساس به دما که در یخچال و فریزر نگهداری می‌شوند نیز، می‌توانند خطراتی را ایجاد کنند؛ زیرا ممکن است بیش از حد گرم شوند، بنابراین به این فکر کنید که برای محدود کردن انواع خطرات چه کاری باید انجام دهید.

تمام تجهیزاتی که به منبع برق وابسته هستند، باید به‌طور منظم بررسی شوند. همچنین یک مسئله رایج در ایمنی برق نه‌تنها در آزمایشگاه‌ها، بلکه در بسیاری از خانه‌ها به کابل‌های برق مربوط می‌شود. سیم‌های برق باید بررسی شوند تا مطمئن شوید سیم‌ها در معرض دید نباشند و طبق یک الگوی مرتب و منظم قرار گرفته باشند، به‌طوری‌که در تماس با آب یا مواد شیمیایی نباشند. آن‌ها باید طوری قرار بگیرند که بی‌جهت فضای کاری شما را شلوغ نکنند و وقتی روی زمین هستند، خطر زمین خوردن ایجاد نکنند. همچنین آن‌ها را نباید به گونه‌ای رها کرد که افراد بتوانند به راحتی به آن‌ها برخورد کنند؛ برای مثال، اگر آن‌ها از هود آویزان شده باشند، ممکن است منجر به قطع تجهیزات و/یا افتادن آن‌ها شوند. سیم‌ها باید از سطوح داغ دور باشند؛ زیرا نباید عایق آن‌ها ذوب شود. از سیم‌های سیار باید اجتناب شود و هرگز از آن‌ها در آزمایشگاه استفاده دائم نشود. با وصل کردن دستگاه‌های با کشش جریان زیاد به یک پریز، مراقب اضافه بار مدارها باشید (شکل (۳-۴)).



شکل (۳-۴) سیم‌های برق به هم ریخته در کف اتاق یک کلاس درس خطر قطع برق را ایجاد می‌کند
(تصویر از: Sveinbjörn Gizurarson).

اطمینان یابید که مواد قابل اشتعال را از تجهیزات الکتریکی دور نگه داشته‌اید؛ زیرا می‌توانند به عنوان منبع اشتعال عمل کنند. این امر به ویژه در صورتی مهم است که تجهیزات الکتریکی جرقه ایجاد کنند. توجه به ایمنی برق مهم است؛ زیرا آتش‌سوزی‌های الکتریکی به خودی خود جدی هستند، اما در آزمایشگاه می‌توانند به راحتی منجر به حادثه بسیار جدی تر شوند.

چند ابزار آزمایشگاهی مفید

صفحات داغ می‌توانند منجر به آتش‌سوزی در آزمایشگاه‌ها شوند. این موارد معمولاً ناشی از استفاده نادرست از صفحات داغ، عدم تمرکز هنگام کار با آن‌ها یا عدم نظافت آن‌ها است. به منظور صحت عملکرد صفحات داغ، باید آن‌ها را به طور منظم بررسی کرد و این کار را می‌توان برای مثال با گرم کردن آب روی آن و توجه به دما و تنظیمات انجام داد. تحت شرایط خاص بهتر است صفحات داغ روی یک جک آزمایشگاهی (که باید به اندازه کافی بزرگ باشد تا شرایط ایمن فراهم کند) محکم شوند، به طوری که در صورت گرم شدن بیش از حد بتوان آن‌ها را به راحتی پایین آورد تا منبع گرمایی از نمونه دور شود.

دماسنج‌هایی که از جیوه استفاده می‌کنند، امروزه باید از آزمایشگاه‌ها حذف شوند و در عوض اگر نیاز به اندازه‌گیری دما دارید، باید از دماسنج‌های حاوی الکل یا دماسنج‌های دیجیتال استفاده کنید.

همیشه هنگام گرم کردن مایعات از همزن مغناطیسی یا سنگ‌های جوش استفاده کنید؛ زیرا این‌ها به جلوگیری از گرمای بیش‌ازحد کمک کرده و باعث می‌شوند مایع به آرامی بجوشد و ضربه کمتری ایجاد کند. هنگامی که یک واکنش طولانی را با استفاده از صفحه داغ شروع می‌کنید، تا زمانی که واکنش به حداکثر دمای خود برسد و ثابت شود، مطمئن شوید و مراقب آن باشید که دما می‌تواند به‌طور ایمن بالا رود. اطمینان یابید که محیط اطراف نیز ایمن است و هیچ حلال یا ماده شیمیایی در نزدیکی آن وجود ندارد که در صورت هرگونه نقص عملکرد خطرناک باشد.

حمام‌های آب برای دماهای در محدوده ۰ تا ۸۰ درجه سانتی‌گراد استفاده می‌شوند. حمام روغن برای دمای حداکثر ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد توصیه می‌شود و در صورت نیاز به دماهای بالاتر می‌توان از حمام شن خشک استفاده کرد. گزینه‌های دیگری نیز امکان‌پذیر است؛ مانند صفحات آلومینیومی که به‌طور خاص برای اندازه محفظه واکنش طراحی شده‌اند. هنگام گرم کردن یک مخلوط مهم است که از ظروف شیشه‌ای مناسب (مانند پیرکس) استفاده کنید و مطمئن شوید ظروف شیشه‌ای ترک نداشته باشند. ظروف شیشه‌ای که در قسمت انتهایی ضخیم هستند (مانند فلاسک‌های خلا)، نباید روی صفحات داغ استفاده شوند.

حمام‌های اولتراسونیک یا سونیکاتورها برای نظافت، تجزیه ترکیبات و سلول‌ها، یا برای کمک به انحلال مواد شیمیایی استفاده می‌شوند. این حمام‌های صوتی صدایی با فرکانس بالا در محدوده ۴۰۰۰۰-۱۶۰۰۰ هرتز تولید می‌کنند. توصیه می‌شود هنگام استفاده از این حمام‌های صوتی از محافظ گوش استفاده کنید؛ زیرا این فرکانس صدا می‌تواند باعث آسیب به شنوایی شود (۲۰۰۰۰ هرتز از حمام صوتی معادل ۱۰۰ دسی‌بل است). همچنین توصیه می‌شود حمام‌های صوتی به گونه‌ای تنظیم شوند که احتمال تماس با آن‌ها به حداقل برسد.

اگر انگشت یا دست در داخل حمام صوتی قرار گیرد، می‌توان انتظار آسیب شدید بافتی را داشت.

لئوفیلیزرها (خشک‌کن‌های انجمادی) با تولید خلأ نقطه جوش آب را کاهش می‌دهند، به‌طوری‌که آب در دمای اتاق می‌جوشد. پیش از تغییر تنظیمات دستگاه یا جابه‌جایی کابل‌ها در اطراف یا پمپی که خلأ ایجاد می‌کند، دانستن نحوه کار با لئوفیلیزر مهم است. بی‌دقتی یا عجله (برای مثال، هنگام اتصال یا قطع) می‌تواند به دلیل خلأ زیادی که دستگاه تولید می‌کند، منجر به شکستن فلاسک متصل به دستگاه شود. افت فشار به حدی است که تکه‌های شیشه می‌توانند در همه جهات پراکنده شوند؛ بنابراین، مهم است فلاسکی که قرار است به دستگاه متصل شود، به اندازه کافی قوی باشد که بتواند در برابر خلأ مقاومت کند. فلاسک‌ها و سایر ظروف شیشه‌ای که دارای ترک هستند، به‌طور کلی این نوع خلأ را تحمل نمی‌کنند. هنگام کار در مجاورت لئوفیلیزرها باید همیشه از عینک ایمنی استفاده کنید. همین امر درباره روتاوپور (نوعی تجهیزات آزمایشگاهی که عمدتاً برای تقطیر مداوم حلال‌های فرار تحت فشار کاهش یافته استفاده می‌شود) نیز، صدق می‌کند. به دلیل کاهش فشاری که در آن سیستم‌ها تولید می‌شود، مراقب باشید که از فلاسک‌های سالم (بدون ترک) هنگام استفاده از روتاوپور استفاده کنید.

سانتریفیوژها بسته به سرعت چرخش آن‌ها و داشتن یا نداشتن سیستم خنک‌کننده داخلی دسته‌بندی می‌شوند. به‌طور کلی سه نوع سانتریفیوژ وجود دارد:

✓ سانتریفیوژهای با سرعت پایین‌تر از ۵۰۰۰ دور در دقیقه. بسیاری از سانتریفیوژهای رومیزی در این دسته قرار می‌گیرند. این‌ها معمولاً سانتریفیوژهای کوچکی هستند که به راحتی بین مکان‌ها جابه‌جا می‌شوند.

✓ سانتریفیوژهای با سرعت بالا تا ۲۵۰۰۰ دور در دقیقه. این سانتریفیوژها معمولاً روی زمین ایستاده هستند؛ زیرا سرعت چرخش بسیار زیاد است و دستگاه باید بتواند روی زمین ثابت بایستد.

✓ دسته سوم اولتراسانتریفیوژ است با بیش از ۱۰۰۰۰۰ دور در دقیقه. با توجه به سرعت چرخش زیاد این سانتریفیوژها، باید وقتی پیرامون آنها هستید، مراقب باشید و هنگام قرار گرفتن نمونه‌ها در دستگاه، به کار بردن روش‌های کاری بسیار دقیق مهم است. این سانتریفیوژها در صورت استفاده نادرست می‌توانند خطرات شدیدی ایجاد کنند. سانتریفیوژها باید به‌طور مرتب بررسی شوند. رایج‌ترین اشتباه هنگام استفاده از سانتریفیوژ، فراموشی حفظ تعادل نمونه‌هایی است که در دستگاه قرار می‌گیرند. ویال‌ها و ظروف شیشه‌ای مورد استفاده باید کامل و بدون هیچ‌گونه ترک باشند تا با نیروی گریز از مرکز زیادی که ایجاد می‌شود، شکسته نشوند. هرگز نباید ویال‌هایی را که داخل سانتریفیوژ قرار داده می‌شوند، به‌طور کامل پر کنید. بیش از ۳/۴ ویال را پر نکنید و پیش از راه‌اندازی دستگاه، درب آن را محکم ببندید. ویال‌های باز ممکن است منجر به ایجاد قطرات در داخل سانتریفیوژ شده و همه‌چیز را در داخل دستگاه آلوده کنند و با گذشت زمان می‌توانند باعث فرسایش قسمت‌هایی از سانتریفیوژ شوند. تمام ویال‌ها باید پیش از شروع سانتریفیوژ وزن و متعادل شوند. اگرچه اختلاف وزن ۰.۵ گرمی ممکن است عادی به نظر برسد، اما این تفاوت مشابه اختلاف وزن ۲۵ کیلوگرمی در هر طرف محور هنگام چرخش تا ۵۰۰۰۰ دور در دقیقه است!

اتوکلاوها عمدتاً در آزمایشگاه‌هایی که افراد با میکروارگانیسم‌ها (باکتری‌ها، ویروس‌ها، قارچ‌ها، انگل‌ها، پرپون‌ها و غیره)، و سایر نمونه‌ها و مخاطرات بیولوژیکی کار می‌کنند و همچنین در آزمایشگاه‌هایی که وسایل محصولات فرمولاسیون‌ها، داروها یا مواد شیمیایی استریل مورد نیاز هستند، یافت می‌شوند. این ابزارها به‌نوعی محفظه‌های فشار هستند که آب را تا ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد گرم می‌کنند. همین منجر به فشار قابل توجهی می‌شود که برای استریل کردن ابزارها یا محلول‌ها استفاده می‌شود، اما می‌توان از آنها برای شروع واکنش‌های خاص نیز استفاده کرد. به‌دلیل افزایش فشار، پیش از استفاده از اتوکلاو باید آموزش‌های لازم درباره نحوه استفاده از آن را دیده باشید. توصیه می‌شود فقط از ظروف شیشه‌ای بوروسیلیکات مانند پیرکس یا کیمکس در اتوکلاوها استفاده شود؛ زیرا می‌توانند فشار و دمای مورد استفاده را تحمل کنند. این دستگاه نباید راه‌اندازی شود، مگر اینکه به‌طور ایمن درب آن بسته شده

باشد و تمام قفل‌های ایمنی بررسی شده باشند. هرگز نباید مواد شیمیایی فرساینده (اسیدها یا بازها)، مواد شیمیایی قابل اشتعال (مانند متانول، اتانول و کلروفرم)، مواد پلاستیکی که می‌توانند ذوب شوند، فنل‌ها یا مواد شیمیایی رادیواکتیو را در اتوکلاو قرار دهید. هنگامی که درب محفظه فشار باز می‌شود، باید دقت لازم صورت گیرد (بهتر است پیش از باز شدن حدود ۱۰ دقیقه صبر کنید). صورت و دستان خود را دور از دهانه نگه دارید تا بخار داغ به شما برخورد نکند و از دستکش استفاده کنید.

سروصدا در آزمایشگاه‌ها

تمام سروصداها، صداهای وزوز یا مواردی از این قبیل در محیط کار می‌توانند تأثیر منفی بر کار شما داشته باشند، به‌خصوص آن کاری که نیاز به تمرکز دارد، خواه کار رایانه‌ای باشد یا کار آزمایشگاهی. تأثیر روانی آلودگی صوتی می‌تواند قابل‌توجه باشد و منجر به استرس، ارتباطات ضعیف، ناراضیتی و حتی عصبانیت شود. علاوه بر این، آلودگی صوتی می‌تواند خطر حوادث را افزایش دهد. یک چارچوب و مرجع خوب این است که صدا نباید بیش از ۸۰ دسی‌بل باشد. اگر سروصدا از این حد فراتر رفت، محافظ گوش توصیه می‌شود. هرچند برای همه مهم است که بتوانند به‌راحتی و بلافاصله آنچه را که در اطرافشان اتفاق می‌افتد، بشنوند، به‌خصوص اگر لازم باشد، به‌سرعت هشدار داده شود؛ بنابراین، نباید با هر دو گوش به چیزی گوش دهید که احتمال دارد شما را از محیط اطرافتان دور کند. همچنین باید مطمئن شوید که اگر به چیزی گوش می‌دهید، تمرکز شما را کاهش ندهد.

امواج (مایکروویو، امواج رادیویی و نور)

در صورت امکان از صرف مدت‌زمان طولانی در اطراف مایکروویو یا امواج رادیویی پرهیز کنید. چشم به تمام تشعشعات حساس است؛ بنابراین، مهم است این امواج را با شدت کم یا در داخل ابزار مناسب نگه دارید و از خروج آن‌ها جلوگیری کنید.

اشعه ماورای بنفش می‌تواند باعث سوختگی پوست و آسیب چشم (مانند فتوکراتیت) شود، اما تأثیر آن به طول موج نوری که شما با آن کار می‌کنید، بستگی دارد. توصیه می‌شود استفاده از طول موج‌های کمتر از ۳۲۰ نانومتر را محدود کنید یا حداقل از نور به‌طور صحیح محافظت کنید.

نور مادون قرمز همچنین می‌تواند به پوست و چشم آسیب برساند؛ زیرا می‌تواند باعث افزایش دمای داخلی پوست/چشم شود. هنگام کار با این نوع نورها همیشه باید از تجهیزات حفاظت فردی مناسب استفاده کنید.

لیزر نور پرتنژی است که براساس قدرت آن طبقه‌بندی می‌شود (اندازه‌گیری شده برحسب W یا W/m^2). این طبقه‌بندی در پنج کلاس است: 1، 2، 3a، 3b و 4. هنگام کار با لیزرها، دانستن جهت و قدرت لیزر مهم است. هر چیزی که بتواند نور را منعکس کند، مانند آینه، نباید بی‌جهت در محل کار باشد. خود را به‌خوبی آماده کنید و از چشمان خود به‌ویژه هنگام کار با پرتوهای لیزر قوی محافظت کنید (شکل الف (۵-۳)).

آهن‌رباهای قوی مانند آهن‌رباهای موجود در دستگاه‌های NMR و MRI نیز می‌توانند خطرناک باشند. مهم است اجسام فلزی غیرثابت را از میدان مغناطیسی قوی دور نگه دارید؛ زیرا می‌توانند به‌طور ناگهانی و به‌سرعت به سمت آهن‌ربا کشیده شوند و موقعیت بالقوه خطرناکی را ایجاد کنند. افراد دارای ضربان‌ساز قلب، دفیبریلاتورهای قلبی قابل کاشت (ICD)^۱ و سایر ایمپلنت‌هایی که ممکن است تحت تأثیر میدان مغناطیسی قرار گیرند نیز، باید از آهن‌رباهای قوی دور بمانند؛ زیرا میدان مغناطیسی می‌تواند بر نحوه عملکرد این ایمپلنت‌ها تأثیر بگذارد یا حتی آن‌ها را مهار کند و منجر به مرگ یا آسیب جدی به کاربر شود. در نهایت مراقب باشید اشیای الکترونیکی یا سایر وسایل مغناطیسی مانند کارت‌های اعتباری را خیلی به آهن‌رباهای قوی نزدیک نکنید؛ زیرا در صورت نزدیک شدن بیش از حد به آهن‌ربا ممکن است آسیب ببینند. در جاهایی که آهن‌رباهای قوی وجود دارد، اغلب لازم است خط پنج گاوس

(واحد شدت مغناطیسی) به وضوح برچسب گذاری شود (معادل 5×10^{-4} تسلا) و علائم خطر مناسب به وضوح قابل مشاهده باشد (شکل ب (۳-۵)).



شکل (۳-۵) الف) علامت خطر برای آزمایشگاهی که در آن از لیزر استفاده می شود؛
ب) علامت خطر که میدان مغناطیسی قوی را نشان می دهد
(منتشر شده با مجوز سازمان بین المللی استاندارد ISO)

پروتکل های مناسب کلید موفقیت هستند

آمادگی مناسب پایه و اساس کارها و استفاده از پروتکل های مناسب کلید موفقیت است. اگر درباره اجرای یک پروژه شک دارید، با سرپرست خود یا فردی که می داند چه کاری باید انجام داد، تماس بگیرید و یک نقشه یا راهنمایی دریافت کنید. در زیر چند نکته آمده است که هنگام شروع یک پروژه تحقیقاتی باید به آن ها توجه کنید:

✓ در صورت بروز شک از سرپرست و/ یا همکار خود برای کسب اطلاعات و نمایش/ آموزش درباره نحوه استفاده از ابزار یا ماده شیمیایی که با آن کار می کنید، کمک بخواهید.

✓ هرگز از ابزاری برای هدفی متفاوت از آنچه که برای آن در نظر گرفته شده است، استفاده نکنید.

✓ هرگز شعله باز را رها نکنید.

- ✓ با تمام مواد شیمیایی با نهایت دقت رفتار کنید.
- ✓ در آزمایشگاه به چیزی که نمی‌دانید چیست یا برای چه استفاده می‌شود، دست نزنید.
- ✓ اگر ماده خود را در ظرفی قرار دادید، فوراً روی آن برچسب بزنید و آن را به‌درستی نگهداری کنید.
- ✓ همیشه از وسایل حفاظت فردی به‌درستی استفاده کنید و موهای بلند را به‌صورت دم‌اسبی ببندید.
- ✓ همیشه از عینک/عینک ایمنی و نوع مناسب دستکش استفاده کنید.
- ✓ همیشه منظم باشید و وقتی از چیزی استفاده نمی‌کنید، آن را به‌درستی کنار بگذارید.
- ✓ دست‌های خود را به‌طور مرتب و همیشه هنگام خروج از آزمایشگاه بشویید.
- ✓ هرگز به‌تنهایی در آزمایشگاه کار نکنید.
- ✓ در صورت بروز حادثه فوراً کمک بگیرید و حادثه را گزارش دهید.

فصل چهارم:

مواد شیمیایی

حوادث شیمیایی در آزمایشگاه‌های تحقیقاتی اغلب به این دلیل است که افراد شرایط خود را دست‌کم می‌گیرند، یا پیش از شروع کار خود تحقیقات کافی درباره ویژگی‌های شیمیایی انجام نمی‌دهند. این دست‌کم گرفتن می‌تواند منجر به رویدادهای غیرمنتظره یا حتی واکنش‌هایی شود که به بروز حادثه می‌انجامد. افراد در زمینه شیمی با مجموعه متنوعی از مواد شیمیایی در همه حالت‌های مواد اعم از جامد، مایع تا گاز کار می‌کنند. گازها معمولاً تحت فشارهای بالا در مخازن گازی مناسب فشرده می‌شوند. مواد شیمیایی بسته به خواص و ویژگی‌هایشان به گروه‌های خطر مختلف تقسیم می‌شوند. این طبقه‌بندی‌ها شامل مواد قابل اشتعال، منفجره، اکسیدکننده، خورنده، سمی، واکنش‌پذیر و رادیواکتیو هستند. مهم است آگاهی داشته باشید که با چه نوع مواد شیمیایی کار می‌کنید و همچنین کدام نوع مواد شیمیایی در محیط کار شما استفاده می‌شود. در بسیاری از آزمایشگاه‌های شیمی می‌توانید تقریباً تمامی نمونه‌های مواد شیمیایی را که در طبقه‌بندی‌های خطرناک قرار می‌گیرند، بیابید.

مزه، بو و جنس

پیش از ادامه بحث، تکرار این نکته حائز اهمیت است که مواد شیمیایی را که با آن‌ها کار می‌کنید، نباید بو، مزه یا لمس کنید. چند دهه پیش آزمون‌های شناسایی دارویی براساس معیارهای یادشده یعنی بو، مزه و جنس انجام می‌شدند که به آن‌ها آزمون‌های organoleptic^۱ گفته می‌شد. اما امروزه ما از آزمون‌های حسی استفاده نمی‌کنیم، چرا که اصولاً ارزشی ندارند.

۱. آزمون‌های حسی وابسته به حواس پنج‌گانه

ما ابزارهای تجزیه و تحلیل و روش‌هایی داریم که برای شناسایی مناسب‌تر هستند و همچنین تعداد زیادی ترکیب خطرناک وجود دارد که معمولاً با آن‌ها کار می‌کنیم. در گذشته رایج بود که افراد مایعات را با دهان خود مکش می‌کردند، اما اکنون ابزارهایی برای این کار داریم؛ بنابراین، شما هیچ‌وقت نباید مایع را با دهان خود در آزمایشگاه مکش کنید.

اگر مجبور هستید یک نمونه را بو کنید، روش توصیه‌شده این است که از دست‌تان برای حرکت هوا به سمت صورت خود استفاده کنید تا بوی ماده شیمیایی را استشمام کنید، اما به‌طور کلی بهتر است از بوییدن ترکیبات اجتناب کنید، به‌ویژه اگر با آن‌ها آشنا نیستید. هنگام کار با ترکیبات فرار مهم است آن‌ها را در یک کابینت تهویه گازی مناسب نگهداری کنید (شکل (۴-۱)).



شکل (۴-۱) شما هرگز نباید مواد شیمیایی را که با آن‌ها کار می‌کنید، بچشید، بو یا لمس کنید (تصویر از: Sveinbjörn Gizurarson).

اهمیت آمادگی

تحقیقات و آزمایشات می‌توانند بسیار لذت‌بخش باشند، اما نیازمند هوشیاری و سامان‌دهی در کار هستند. بی‌احتیاطی یا حتی یک لحظه بی‌فکری می‌تواند اوضاع را وخیم کند و به ما و محیط اطراف مان آسیب زیادی وارد کند. اگر ما به‌خوبی آماده باشیم، احتمال وقوع حادثه غیرمنتظره کاهش می‌یابد؛ بنابراین، مهم است تمام پروتکل‌ها را با دقت مطالعه کرده و پیش از شروع یک آزمایش یا یک پروژه جدید، خودتان را به‌خوبی آماده کنید.

گام اول این آمادگی این است که با روش‌ها و پروتکل‌های مناسب برای برخورد با مواد شیمیایی که قصد دارید با آن‌ها کار کنید، آشنا شوید. زمانی را صرف آموزش درباره مواد شیمیایی کنید که شامل مطالعه ملاحظات ایمنی مرتبط، نیازهای تجهیزات حفاظت فردی و چگونگی عمل در صورت وقوع نشت یا حادثه است. همچنین مفید است درباره ویژگی‌های فیزیکی مواد شیمیایی مطالعه کنید؛ مانند نقطه جوش، نقطه اشتعال و فشار بخار.

این اطلاعات باید در اوراق اطلاعات ایمنی^۱ (SDS) مربوط به ماده شیمیایی موجود بوده و گاهی حتی بر روی برچسب محصول نیز آمده باشد. اطلاعات مفید دیگری که باید به یاد داشته باشید، عبارتند از:

این ترکیب در چه کلاس خطری قرار دارد؟ چقدر واکنش‌پذیر است؟ آیا می‌تواند پراکسید تولید کند؟ آیا اکسیدکننده یا احیاکننده است؟ آیا با آب واکنش می‌دهد؟ آیا به‌راحتی تجزیه می‌شود؟ آیا حساس به نور، گرما یا اکسیژن هوا است؟ تمام این‌ها سؤالات مفیدی هستند که باید پیش از راه‌اندازی یک واکنش جدید یا بزرگ‌تر از خود بپرسید.

ضروری است به اثرات بهداشتی و محیطی مواد شیمیایی که قصد دارید استفاده کنید نیز، نگاهی بیندازید:

آیا این مواد خورنده، سمی یا خطرناک برای محیط‌زیست هستند؟ آیا ممکن است حساسیت‌ها یا واکنش‌های حساسیتی ایجاد کنند؟ آیا سرطان‌زا هستند یا ممکن است جهش ژنتیکی یا اختلالات جنینی ایجاد کنند؟ آیا ممکن است اثر سمی حاد یا مزمن داشته باشند؟

1. Safety Data Sheet

آیا درباره کار با این مواد یا استفاده از این مواد نیازمندی‌های خاصی وجود دارد؟ آیا استفاده از آن‌ها به هر نحوی محدود است؟ آیا به آموزش ویژه برای برخورد با مواد شیمیایی نیاز دارید؟ آیا نیاز است داروی خنثی‌کننده هنگام کار با ماده (مثلاً برای سیانید یا اسید هیدروفلوئوریک) در دسترس داشته باشید؟ این اطلاعات باید برای ترکیبات متداول بیشتر در دسترس باشد. در ادامه این فصل به تفصیل درباره چگونگی دسترسی به این اطلاعات به روشی سریع و ساده بحث خواهیم کرد.

وقتی برای اجرای واکنش‌های شیمیایی آماده می‌شوید، باید مسائل دیگری را نیز مدنظر داشته باشید. چه محصولات جانبی ممکن است تشکیل شوند؟ چقدر این محصولات جانبی تشکیل شده ایمن هستند؟ چه مقدار از آن‌ها گاز هستند؟ آیا احتمال دارد واکنش گرمازا باشد یا سرمازا؟ چه مقدار انرژی احتمالی آزاد می‌شود و آیا ضروری است اقداماتی برای جلوگیری از گرمای اضافی تولیدشده توسط آن انجام دهید؟ آیا مواد شیمیایی دیگری باید در نزدیکی واکنش وجود داشته باشند؟ آیا واکنش ممکن است برای افراد دیگری که در آزمایشگاه کار می‌کنند، خطرناک باشد؟ چه چیزی ممکن است اشتباه پیش برود؟ چقدر باید واکنش را نظارت کنیم؟ آیا باید در حین اجرای واکنش حاضر باشیم یا می‌توانیم کافه برویم یا آن را در طول شب اجرا کنیم؟ مهم است که همیشه به پرسیدن این‌گونه سؤالات در ذهن خود ادامه داده و همیشه درباره ایمنی کارهای آزمایشگاهی خود فکر کنیم. هنگام شک و تردید با همکاران یا ناظر خود صحبت کنید! یک آمادگی خوب مهم است و اغلب حتی می‌تواند در زمان صرفه‌جویی کند. کلید رسیدن به نتایج مطلوب، یک آزمایش مناسب و کاملاً فکرشده است.

در بخش‌های زیر بحث می‌شود که کجا می‌توانید اطلاعات ایمنی مرتبط را که به‌منظور آماده‌سازی مناسب برای آزمایش‌های مربوط به مواد شیمیایی نیاز دارید، پیدا کنید. در این راستا اوراق اطلاعات ایمنی به همراه برچسب‌های شیمیایی مورد بحث قرار می‌گیرند. پس از آن به موارد اصلی کلاس‌های خطر می‌پردازیم و برخی راهنمایی‌های عمومی را درباره اینکه به چه نکاتی باید در زمان کار با مواد شیمیایی در این کلاس‌ها آگاه باشید، ارائه می‌دهیم. این

رهنمودها به هیچ وجه کامل نیستند، اما امیدواریم به عنوان ملاحظات اولیه مفید باشند. هنگام کار با این مواد به خاطر داشته باشید که در نهایت مسئولیت بررسی اطلاعات ایمنی مرتبط با مواد شیمیایی خاصی که در حال کار با آن‌ها هستید، بر عهده شماست.

اوراق اطلاعات ایمنی

بسیاری از پرسش‌هایی که در بالا مطرح شده‌اند، معمولاً در اوراق اطلاعات ایمنی قرار دارند که تأمین‌کننده مواد شیمیایی باید همراه ماده شیمیایی ارائه دهد یا حداقل آن را در وبسایت خود در دسترس قرار دهد. در اکثر کشورها، تأمین‌کنندگان قانوناً موظف هستند که این اطلاعات را به صورت فیزیکی یا برخط ارائه دهند؛ بنابراین، اگر مشکلی در پیدا کردن این اطلاعات داشتید، باید بتوانید با تأمین‌کننده تماس بگیرید. علاوه بر این، معمولاً می‌توانید اوراق اطلاعات ایمنی را از منابع دیگر برخط نیز پیدا کنید.

اوراق اطلاعات ایمنی شامل اطلاعات درباره ماده شیمیایی، رفتار آن، روش صحیح برخورد با آن، چه تجهیزات حفاظت فردی باید استفاده کنید، چه کارهایی باید در صورت نشت آن ماده شیمیایی انجام دهید و اطلاعات مربوط به مواجهه فردی است. به یاد داشته باشید پیش از شروع کار با یک ترکیب جدید باید SDS مربوط به آن را مطالعه کنید و بدانید اگر نیاز به مراجعه دوباره دارید، کجا می‌توانید آن را بیابید. معمولاً بهتر است یک پوشه و/یا نسخه‌های چاپی از اوراق اطلاعات ایمنی برای مواد شیمیایی را که در آزمایشگاه دارید، داشته باشید تا امکان بررسی سریع اطلاعات درباره مواد خاصی که قصد استفاده از آن‌ها را دارید، وجود داشته باشد.

ساختار اوراق اطلاعات ایمنی به وسیله سیستم یکپارچه جهانی طبقه‌بندی و برچسب‌گذاری مواد شیمیایی¹ (GHS) به صورت بین‌المللی استاندارد شده است که امکان جست‌وجوی اطلاعات خاص را بدون توجه به اینکه ماده شیمیایی را از کدام تأمین‌کننده خریداری کرده‌اید،

1. Globally Harmonized System

به سرعت ممکن می‌سازد. فهرست بخش‌هایی که باید در اوراق اطلاعات ایمنی وجود داشته باشند، در جدول (۴-۱) آمده است.

مهم است به یاد داشته باشید که مسئولیت آشنایی با اوراق اطلاعات ایمنی برای ترکیباتی که با آن‌ها کار می‌کنید، بر عهده شماست. هرچه اوراق اطلاعات ایمنی را بیشتر مطالعه کنید، سریع‌تر می‌توانید اطلاعات اصلی مورد نیاز خود را پیدا کنید و خواهید دید که برخی از بخش‌ها ممکن است بیشتر از دیگر بخش‌ها به شما مرتبط باشد. بهتر است با مطالعه بخش ۲ شروع کنید و خصوصاً به خطرات و اقدامات احتیاطی در آن نگاه کنید تا به سرعت دیدگاهی کلی از خطرات مرتبط با ترکیب دریافت کنید. هنگامی که ترکیب شیمیایی جدیدی دریافت می‌کنید، نگاه کردن به بخش (۷-۲) برای یافتن مکان ذخیره‌سازی مناسب محصول مفید است.

در بخش ۷ نیز اطلاعاتی درباره روش‌های ایمن برخورد با ترکیب (۷-۱) و در بخش (۸-۲) اطلاعات مهمی درباره تجهیزات حفاظت فردی که باید در حین کار با ترکیب استفاده کنید، آمده است. اطمینان یابید که تجهیزات حفاظت فردی مناسب را استفاده می‌کنید!

پیش از استفاده از ماده شیمیایی در یک واکنش، باید بخش ۱۰ را هم مطالعه کنید تا اطمینان یابید که شرایط واکنش شما از بروز خطرات قابل اجتناب مانند واکنش‌های خطرناک ناشی نمی‌شوند. اگر خطرات قابل اجتنابی همراه با آزمایش برنامه‌ریزی شده شما وجود دارند، اطمینان یابید که اقدامات احتیاطی مناسب را انجام داده‌اید و با یک همکار و/یا ناظر مشورت کنید. ممکن است به این نتیجه برسید که واکنش خطرناک قابل اجتناب است.

در صورت وقوع حادثه و تماس با مواد شیمیایی، مهم است پیش از اینکه اتفاقی بیفتد، به بخش ۴ که تدابیر کمک‌های اولیه در آن فهرست شده است، نگاهی بیندازید. در صورت وقوع حادثه لازم نیست برای جست‌وجوی دستورات کمک‌های اولیه مورد نیاز وقت بگذارید، بلکه باید بتوانید بلافاصله براساس آن‌ها عمل کنید. بخش ۵ که مربوط به اقدامات آتش‌نشانی است، اطلاعات مهمی را که باید پیش از وقوع حادثه درباره آن‌ها آگاه باشید، شامل می‌شود. این اطلاعات نیز باید برای آتش‌نشان‌ها قابل دسترسی باشد تا در صورت نیاز به واکنش به حادثه



در آزمایشگاه بدانند که برای چه خطراتی باید آماده باشند و بهترین رویکرد برای خاموش کردن حریق چیست؟

جدول (۴-۱) مروری بر ساختار اوراق اطلاعات ایمنی (SDS)

۱. مشخصات ماده / ترکیب و مشخصات تأمین‌کننده

- ۱-۱ شناسه محصول
- ۱-۲ مصارف مرتبط شناسایی‌شده برای ماده یا ترکیب و مصارفی که توصیه نمی‌شود.
- ۱-۳ جزئیات تأمین‌کننده اوراق اطلاعات ایمنی
- ۱-۴ شماره تلفن اضطراری

۲. شناسایی خطر

- ۲-۱ طبقه‌بندی ماده یا ترکیب
- ۲-۲ عناصر برچسب
- ۲-۳ خطرات دیگر

۳. ترکیب / اطلاعات درباره مواد

- ۳-۱ مواد
- ۳-۲ ترکیبات

۴. تدابیر کمک‌های اولیه

- ۴-۱ شرح تدابیر کمک‌های اولیه
- ۴-۲ مهم‌ترین علائم و اثرات هر دو حالت حاد و تأخیری
- ۴-۳ مشخصه هر گونه فوریت‌های پزشکی و درمان ویژه موردنیاز

۵. تدابیر آتش‌نشانی

- ۵-۱ وسایل خاموش‌کننده
- ۵-۲ خطرات ویژه ناشی از ماده یا ترکیب
- ۵-۳ تجهیزات حفاظتی و اقدامات ویژه برای آتش‌نشانی‌ها

۶. تدابیر نشت تصادفی

۶-۱ تدابیر فردی تجهیزات حفاظتی، روش‌ها و اقدامات اضطراری

۶-۲ تدابیر محیطی

۶-۳ روش‌ها و مواد برای محدودسازی و پاک‌سازی

۷. رفتار و شرایط نگهداری

۷-۱ اقدامات کنترلی برای رفتار ایمن

۷-۲ شرایط نگهداری ایمن از جمله عدم تطابق با مواد دیگر

۸. اقدامات کنترلی و حفاظت فردی

۸-۱ پارامترهای کنترل

۸-۲ کنترل‌های مهندسی مناسب

۸-۳ تدابیر حفاظت فردی مانند تجهیزات حفاظت فردی (PPE)

۹. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی

۹-۱ اطلاعات درباره ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی پایه

۹-۲ سایر اطلاعات

۱۰. پایداری و واکنش

۱۰-۱ واکنش

۱۰-۲ پایداری شیمیایی

۱۰-۳ احتمال واکنش‌های خطرناک

۱۰-۴ شرایطی که باید اجتناب شود.

۱۰-۵ مواد ناسازگار

۱۰-۶ محصولات تجزیه و تفکیک خطرناک

۱۱. اطلاعات سم‌شناسی

۱۱-۱ اطلاعات درباره اثرات سم‌شناسی

۱۱-۲ اطلاعات اضافی

۱۲. اطلاعات زیست محیطی

- ۱۲-۱ سمیت زیست محیطی
- ۱۲-۲ ماندگاری و تجزیه پذیری زیست محیطی
- ۱۲-۳ پتانسیل تجمع در ارگانیسم ها
- ۱۲-۴ حرکت در خاک
- ۱۲-۵ اثرات زیست محیطی دیگر

۱۳. در نظر گرفتن مواد باز یافتی

- ۱۳-۱ روش های دفع پسماند

۱۴. اطلاعات حمل و نقل

- ۱۴-۱ شماره UN
- ۱۴-۲ نام مناسب حمل و نقل UN
- ۱۴-۳ کلاس های خطر حمل و نقل
- ۱۴-۴ گروه بسته بندی
- ۱۴-۵ خطرات زیست محیطی
- ۱۴-۶ حمل و نقل جمعی به تفکیک دستورالعمل های IMO
- ۱۴-۶ اقدامات ویژه برای کاربر

۱۵. اطلاعات قانونی

- ۱۵-۱ قوانین/ مقررات ایمنی بهداشت و محیط زیست مخصوص به ماده یا ترکیب
- ۱۵-۲ ارزیابی ایمنی شیمیایی

۱۶. اطلاعات دیگر

بخش ۱۱ شامل اطلاعات سم‌شناسی از جمله میزان دوز کشنده LD_{50} ۵۰ است، در صورتی که تعیین شده باشد. LD_{50} مقداری است که برای کشتن نصف جمعیت آزمایشی لازم است. این مقادیر به اختصار براساس حیواناتی که روی آن‌ها آزمایش شده‌اند و به‌عنوان مقدار جرم ترکیب در هر کیلوگرم وزن حیوان اعلام می‌شود؛ بنابراین، می‌توان آن را به‌عنوان یک تخمین تقریبی برای سمی بودن ترکیب موردنظر استفاده کرد. با محاسبه مقدار LD_{50} برای خودتان براساس وزن‌تان می‌توانید میزان ماده‌ای را که می‌خواهید در یک زمان با آن کار کنید، ارزیابی کنید. هرچه از مقدار LD_{50} برای وزن خود دورتر باشید، بهتر است. به‌شدت توصیه می‌شود در صورت امکان با مقداری که معادل یا بیشتر از میزان LD_{50} برای وزن شما باشد، کار نکنید.

اطلاعات مفید دیگری در اوراق اطلاعات ایمنی وجود دارد؛ بنابراین، از خواندن همه آن‌ها برای مواد شیمیایی که قصد کار با آن‌ها را دارید، اطمینان یابید. هرچه بیشتر اوراق اطلاعات ایمنی را بخوانید، به‌تدریج سرعت شما در پیدا کردن اطلاعات مربوط به کار ایمن با این ترکیبات افزایش خواهد یافت.

برچسب‌های شیمیایی

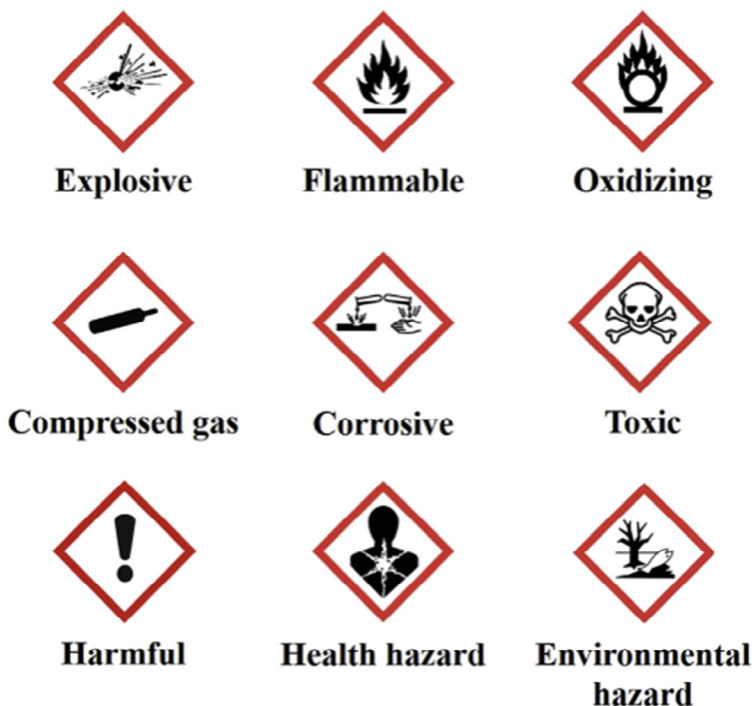
برچسب‌های شیمیایی باید واضح باشند و از قوانین و مقررات بین‌المللی پیروی کنند. تولیدکنندگان و واردکنندگان مسئولیت صحت تمام برچسب‌ها را بر عهده دارند. برچسب‌ها باید شناسه محصول را به‌صورت واضح دارا باشند که اغلب شامل شماره کلاس و اطلاعاتی درباره تولیدکننده و/یا واردکننده است. برچسب‌ها برای مواد شیمیایی خطرناک باید دارای کلمه اخطار به همراه نماد(ها)، جمله(های) خطر و جمله(های) احتیاطی نیز باشند (شکل (۴-۲)). برچسب باید امکان ارائه راهنمای سریعی برای خطرات اصلی مرتبط با ماده شیمیایی همراه با اطلاعات درباره اقدامات اصلی را که باید در حین کار با آن صورت گیرد، فراهم کند، اما باید توجه داشت که برچسب جایگزین کاملی برای اوراق اطلاعات ایمنی نیست. از آن‌جا که سال تولید مواد شیمیایی می‌تواند بر کیفیت آن‌ها و در برخی موارد ایمنی آن‌ها نیز تأثیر بگذارد، بهتر است که مواد شیمیایی جدید را با تاریخ دریافت و همچنین تاریخ اولین باز شدن

درپ آن‌ها برچسب‌گذاری کنید. این امر در بسیاری از شرکت‌ها الزامی است، به‌ویژه در صنعت داروسازی، اما از دیدگاه ایمنی به‌طور کلی یک عمل مناسب محسوب می‌شود.



شکل (۱-۰) نمونه‌ای از برچسب یک مخزن شیمیایی. ۱: نام محصول؛ ۲: شماره محصول؛ ۳: اندازه بسته؛ ۴: شماره کلاس؛ ۵: تاریخ انقضاء؛ ۶: ترکیب؛ ۷: کاربرد؛ ۸: شماره CAS؛ ۹: شماره EC؛ ۱۰: چگالی؛ ۱۱: جرم مولی؛ ۱۲: مشخصات محصول؛ ۱۳: کد UN؛ ۱۴: کلمه/خطر؛ ۱۵: جملات خطر و احتیاطی؛ ۱۶: نمادهای خطر؛ ۱۷: کشور مبدأ؛ ۱۸: اطلاعات تماس تأمین‌کننده (منبع: Chem-Lab NV).

باید گفت که نمادها (شکل (۴-۳)) و قوانین و مقررات در چند دهه گذشته کمی تغییر کرده‌اند. اگر مواد شیمیایی بسیار قدیمی در آزمایشگاه شما وجود دارند، از این موضوع آگاه باشید و نمادهای قدیمی را بررسی کنید. همچنین در گذشته کافی بود که کدهای جملات خطر و احتیاطی را به جای خود جملات درج کنند.



شکل (۴-۳) نمادهای استاندارد GHS که روی برچسبها استفاده می‌شوند
(منبع: سازمان ملل از GHS نسخه ۹).

خوشبختانه این مورد به‌روزرسانی شده است؛ بنابراین، افراد اجباری برای به‌خاطر سپردن و مراجعه به آن‌ها ندارند؛ برای مثال، آن‌ها مراجع مهم برای ترجمه اوراق اطلاعات ایمنی را فراهم می‌کنند. نمادهای خطر به نوع خطری که ممکن است ماده شیمیایی ایجاد کند، اشاره دارند. آن‌ها نوع خطر را نشان می‌دهند؛ برای مثال، قابل اشتعال یا فلزی. نه نماد خطر وجود دارد و ممکن است به هر ترکیب چندین نماد اختصاص پیدا کند.

جملات خطر اطلاعات خاص‌تری را درباره نوع خطری که ممکن است ماده شیمیایی ایجاد کند، فراهم می‌کنند؛ برای مثال، «تحریک‌کننده چشم». جملات خطر به خطرات فیزیکی (کدهای H2xx)، خطرات بهداشتی (کدهای H3XX) و خطرات محیطی (کدهای H4xx) طبقه‌بندی می‌شوند.

چند نمونه از این جملات خطر و احتیاطی عبارتند از:

H224: مایع و بخار بسیار قابل اشتعال

H240: گرمای آن ممکن است منجر به انفجار شود.

H317: ممکن است واکنش حساسیتی در پوست ایجاد کند.

H330: در صورت تنفس ممکن است باعث مرگ شود.

جملات احتیاطی ما را در رفتار با مواد شیمیایی راهنمایی می کنند. پنج دسته جملات احتیاطی وجود دارد: جملات احتیاطی عمومی (P1xx)، جملات احتیاطی پیشگیری (P2xx)، جملات احتیاطی پاسخ (P3xx)، جملات احتیاطی نگهداری (P4xx) و جملات احتیاطی دفع (P5xx). این اطلاعات باید ما را در استفاده و نگهداری مواد شیمیایی راهنمایی کنند، به علاوه اینکه باید اطلاعات واضح و خلاصه درباره آنچه که باید مراقب آن‌ها باشیم، در اختیار ما قرار دهند؛ مانند نمونه‌های زیر:

P202: تا زمانی که تمام اقدامات ایمنی خواننده و درک نشده‌اند، با مواد کار نکنید.

P232: در مقابل رطوبت از آن محافظت کنید.

P235: در جای خنک نگه دارید.

P243: اقدامات احتیاطی علیه تخلیه استاتیک انجام دهید.

فهرست کامل جملات خطر و احتیاطی را می‌توانید در جدول (۴-۸) انتهای این فصل

ببینید.

ترکیبات سمی

بسیاری از ترکیبات برای سلامتی ما مضر هستند و مطالعات نشان داده‌اند برای انسان، حیوانات و طبیعت خطرناک هستند. برخی از مواد شیمیایی به‌حدی آسیب‌رسان هستند که دولت‌ها قوانین خاصی درباره نحوه استفاده از آن‌ها تدوین کرده‌اند که شامل انواع ترکیبات دارویی فعال و مواد شیمیایی رادیواکتیو هستند. هرچند یک ماده شیمیایی ممکن است آسیب‌رسان باشد، اما هنوز می‌تواند برای داروسازی و تحقیقات استفاده شود، اما مواجهه با آن باید توسط افرادی صورت گیرد که آموزش‌های لازم برای رفتار ایمن با آن‌ها را دریافت کرده‌اند. این مسئولیت با سرپرستان است که اطمینان یابند هرکسی که با مواد شیمیایی خطرناک کار می‌کند، پیش از شروع کار آموزش و مهارت‌های لازم برای رفتار با آن مواد را دریافت کرده باشد.

مواد شیمیایی خطرناک را براساس اینکه چه مقدار از این ترکیب باعث آسیب واقعی می‌شود، طبقه‌بندی می‌کنند. این طبقه‌بندی از مقادیر سمیت حاد استفاده می‌کند و معیارهای فعلی مورد استفاده برای طبقه‌بندی مواد شیمیایی در جدول (۴-۲) نشان داده شده است. مقادیر موجود در جدول به تخمین‌های سمیت حاد اشاره دارند که اغلب بر اساس مقادیر LD_{50} و LC_{50} (غلظت کشنده برای ۵۰ درصد موارد آزمایش) هستند. برای ترکیبات در طبقه‌بندی‌های (۱) تا (۳) باید از نماد خطر مجمله و استخوان استفاده شود. برای ترکیبات طبقه‌بندی (۴) از نماد علامت تعجب استفاده می‌شود و برای ترکیبات طبقه‌بندی (۵) از نمادی استفاده نمی‌شود.

جدول (۴-۲) برآورد میزان سمیت براساس روش‌های تماس

   					
روش‌های تماس	طبقه‌بندی (۱)	طبقه‌بندی (۲)	طبقه‌بندی (۳)	طبقه‌بندی (۴)	طبقه‌بندی (۵)
خوراکی (mg/kg)	$5 \geq$	5-50	50-300	300-2000	2000-5000
پوست (mg/kg)	$50 \geq$	50-200	200-1000	1000-2000	مشاهده معیارها در پاورقی ^۱
گازها (ppmV)	$100 \geq$	100-500	500-2500	2500-20,000	
بخارات (mg/ L)	$0.5 \geq$	0.5-2.0	2.0-10.0	10.0-20.0	
گرد و غبار و مه (mg/ L)	$0.05 \geq$	0.05-0.5	0.5-1.0	1.0-5.0	

۱. اگر شواهد قابل اعتمادی وجود داشته باشد که مقادیر LD50/LC50 بالاتر از مقادیر دسته (۴) هستند، ترکیبات در دسته (۵) طبقه‌بندی می‌شوند؛ بنابراین، انتساب به یکی از دسته‌های قبلی تضمین نمی‌شود. این مسئله گاهی اوقات از طریق برون‌یابی داده‌ها یا برآورد انجام می‌شود.

در ترکیبات جدید مقادیر لازم سمیت برای طبقه‌بندی آن‌ها وجود ندارد؛ بنابراین، همیشه باید با حداکثر دقت با این ترکیبات برخورد شود؛ زیرا ممکن است حتی برخی از آن‌ها سمیت طبقه‌بندی (۱) را داشته باشند. این مسئله به‌ویژه در تحقیقات شیمیایی زمانی مهم است که شما اولین نفری باشید که برخی از ترکیباتی را که با آن‌ها کار خواهید کرد، تولید کنید.

برای برخی از ترکیبات سمی، پادزهر وجود دارد؛ بنابراین، باید اطمینان یابید که پیش از شروع به کار با آن ترکیب خطرناک، پادزهر آن در مکانی مشخص و در دسترس قرار دارد. فلوئورید هیدروژن (HF) مثالی از یک ترکیب است که نباید با آن کار کنید، مگر اینکه پادزهر در دسترس باشد. این یک سم تماسی خطرناک است با اثراتی که همیشه به‌صورت فوری ظاهر

نمی‌شوند. خوشبختانه ژل‌های پادزهر برای HF وجود دارند که در صورت تماس با ماده باید بلافاصله استفاده شوند تا آسیب را کاهش دهند. باین‌حال، نمی‌توان فرض کرد که برای همه ترکیبات سمی پادزهر وجود دارد یا در صورت وجود، تضمین حفاظتی در برابر اثرات احتمالی سمی فراهم می‌کند. در برخی موارد خود پادزهر حتی ممکن است خطرناک بوده و نیاز به آموزش صحیح برای رفتار با آن باشد.

همچنین باید درک کنیم که اثرات سمی شناخته‌شده مواد شیمیایی همیشه حاد یا به‌صورت فوری قابل مشاهده نیستند. این اثرات ممکن است چند ماه یا حتی سال‌ها بعد ظاهر شوند. بسیاری از مواد شیمیایی خطرناک، بی‌رنگ و بی‌بو، به‌راحتی حل می‌شوند و می‌توانند به‌سرعت از طریق پوست منتشر شوند. برای ترکیبات با اثرات مضر شناخته‌شده، برای مثال مواد شیمیایی و سرطان‌زا با سمیت برای باروری یا اندام‌های مشخص، نمادهای خطر بهداشتی مناسب باید استفاده شوند.

حلال‌های آلی نمونه‌هایی از مواد شیمیایی خطرناک هستند. بیشتر آن‌ها قابل اشتعال بوده و ممکن است باعث خواب‌آلودگی شوند. حلال‌های کلردار می‌توانند بر سیستم قلبی عروقی اثر بگذارند، اما حلال‌های حاوی هالوژن‌های دیگر می‌توانند گازهای بسیار سمی ایجاد کنند؛ برای مثال، موقع سوختن. این نکات باید هنگام انجام آزمایشاتی که از این حلال‌ها در آن استفاده می‌کنید، در نظر گرفته شوند.

به‌طور کلی، همیشه بهترین کار این است که قرار گرفتن در معرض تمام مواد شیمیایی در آزمایشگاه را صرف‌نظر از سمیت شناخته‌شده آن‌ها محدود کنید. شیوه‌های مناسب کاری، هوشیاری و سامان‌دهی، به‌عنوان ویژگی‌های یک آزمایش موفق تلقی می‌شوند.

ارزیابی سمیت برای مخلوط شیمیایی

دسترسی به اطلاعات مربوط به خطرات مواد شیمیایی خاص از طریق اوراق اطلاعات ایمنی آن‌ها به نسبت ساده است، اما این را درباره ترکیبات شیمیایی نمی‌توان گفت. پژوهش‌گران هنگام کار با این ترکیبات، براساس اینکه چه موادی در ترکیب وجود دارند، ممکن است

خودشان نیاز به ارزیابی خطر داشته باشند. این نوع ارزیابی خطر بر محاسبات استوار است که در آن درصد هر ترکیب در کل مخلوط ارزیابی می‌شود. مثال زیر نحوه این محاسبات را نشان می‌دهد:

مثال:

یک کارشناس آزمایشگاه تحقیقاتی فاز متحرکی را برای دستگاه HPLC آماده می‌کند. این محلول از مواد شیمیایی زیر تشکیل شده است:

33٪ آستونتریل (گروه ۳: LD50 = 269 mg/ kg)

1٪ تتراهیدروفوران (گروه ۴: LD50 = 1,650 mg/ kg)

66٪ آب (گروه ۵: LD50 = > 90,000 mg/ kg)

این ارزیابی خطر با محاسبه تمام مواد شیمیایی با LD50 زیر ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم (دسته‌های ۱ تا ۴) انجام می‌شود. این بدان معناست که ما نیازی به در نظر گرفتن آب در محاسبات خود نداریم. برای این کار از معادله زیر استفاده می‌کنیم:

$$ATE_{MIX} = \frac{100}{\sum \frac{C_i}{ATE_i}}$$

که در آن:

ATE_{MIX}: تخمین سمیت حاد مخلوط

C_i: درصد هر ماده شیمیایی در مخلوط

ATE_i: تخمین سمیت حاد مربوط به هر ماده شیمیایی در مخلوط

برای راه‌حلی که در بالا توضیح داده شد، ATE_{MIX} به‌صورت زیر خواهد بود:

$$ATE_{MIX} = \frac{100}{\frac{33}{269} + \frac{1}{1650}} = 811 \text{ mg/kg}$$

مثال:

محلول موردنظر دارای مقدار ATE_{MIX} برابر با ۸۱۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم است و به این معناست که مخلوط نهایی در دسته ۴ قرار می‌گیرد و برای سلامتی انسان خطرناک است و باید بر اساس آن برچسب‌گذاری شود.

مواد خورنده - اسیدها و بازها

اکثر مواد حاوی اسیدها یا بازها خورنده هستند. همواره اطمینان یابید در زمان کار با این مواد ایمنی مناسب دارید و در زیر یک هود شیمیایی با تهویه مناسب کار کنید، به خصوص هنگام کار با گازهای خورنده. هنگام تهیه محلول‌های اسیدی یا بازی و مخلوط کردن آن‌ها با یکدیگر دقت کنید. واکنش‌های بین آن‌ها به‌طور معمول گرمازا است و در برخی موارد ممکن است منجر به تشکیل گاز شود. به‌دلیل گرمازا بودن واکنش‌های بین اسیدها و بازها، این محلول‌ها باید به‌طور جداگانه ذخیره شوند.

هنگام تهیه محلول‌های اسیدی به یاد داشته باشید اسید را به آب اضافه کنید، در غیر این‌صورت گرمازا بودن فرایند اختلاط می‌تواند منجر به پاشیدن اسید و باعث سوختگی شود. به‌طور کلی، باید از یک محلول خنثی شروع کنیم و به آرامی با افزودن اسید از خنثی به سمت اسیدی حرکت کنیم.

هنگام کار با واکنش اسید یا باز، با استفاده از یک کیف جداکننده اطمینان یابید که مخلوط هوا را مکرراً خارج کند تا از افزایش فشار جلوگیری شود. این روش‌های شست‌وشو اغلب شامل تشکیل گاز هستند؛ بنابراین، این امر حیاتی است که فشار را به نحوی ایمن آزاد کنیم و اجازه ندهیم فشار به‌صورت خودکار خارج شود و همراه با آن حوادث شیمیایی و احتمال تماس غیرمطلوب با مواد شیمیایی رخ دهد.

در صورت ریختن ماده روی خود، فوراً لباس آلوده را درآورید و منطقه آلوده را به‌طور گسترده با آب بشویید. بسته به اندازه نشت و موقعیت ممکن است به دوش اضطراری نیاز داشته باشید. شاید لازم باشد که به‌طور کامل لباس خود را بیرون آورید تا خورنده‌ها فرصتی برای «گیر افتادن» در لباس آلوده که در تماس با بدن شما است، نداشته باشند.

تماس با اسید معمولاً منجر به سوختگی شیمیایی قابل احساس می‌شود، اما تماس با بازها کمتر احساس می‌شود، با این حال بسیار جدی بوده و ممکن است به عمق بافت نفوذ کند. مراقب و هوشیار باشید تا بتوانید بلافاصله پس از تماس با مواد شیمیایی واکنش مناسب نشان دهید بدون توجه به اینکه آیا در اولین تماس با ماده شیمیایی احساس درد می‌کنید یا خیر.

برهنه و شوک زده

در یک کارخانه تولید دارو در اروپا از یک تکنسین خواسته شد تا محلول اسید سولفوریک رقیق شده بسازد. او مقدار موردنیاز اسید را در یک بطری ارلن مایر یک لیتری اندازه گرفت و سپس آب را اضافه کرد. چند ثانیه بعد آب به شدت شروع به گرم شدن کرد و منجر به انفجار شد!

تکنسین برای نجات خود به زیر دوش اضطراری دوید و تمام لباس‌های خود را درآورد. او واقعاً شوکه شده بود. چیزی که خیلی ساده به نظر می‌رسید، به یک خطر جانی تبدیل شده بود. همکاری‌اش برای کمک به او و رساندن لباس به سراغش آمدند. هنگام تمیز کردن محل، اسید سقوط کرده بود و سقف، میز و روی زمین سوخته بود. لباس‌های او تقریباً در اثر اسید حل شده بود. در همه‌جا سوراخ‌های بزرگی به وجود آمده بود، اما تکنسین خوش‌شانس بود.

اکثر آزمایشگاه‌ها نیازمند استفاده از برخی از گازها در تحقیقات خود هستند. برای بسیاری از ابزارهای تجزیه و تحلیلی و تجهیزات دیگر نیز همین‌طور است؛ بنابراین، اغلب می‌توانید اندازه‌های مختلف محفظه گاز را در آزمایشگاه پیدا کنید. محفظه‌های گاز کوچک معمولاً برای آزمایش‌های خاص استفاده می‌شوند، درحالی‌که محفظه‌های بزرگ‌تر برای ابزارهای بزرگ‌تر و همچنین برای اتصال به شلنگ در هودهای شیمیایی به کار می‌روند. از میان گازهای متداول، گازهای نیتروژن (N_2) و آرگون (Ar) به ما این امکان را می‌دهند آزمایش‌ها را در شرایط حفاظتی انجام دهیم. در اکثر این موارد، گاز تحت فشار زیادی ذخیره می‌شود؛ بنابراین، باید در استفاده و ذخیره‌سازی از گازها و محفظه‌های گاز (تحت فشار) دقت کنیم. در فصل ۳ مبحثی درباره ذخیره مناسب محفظه‌های گاز وجود داشت؛ بنابراین، با اطمینان از اینکه ذخیره گاز مورد استفاده شما با الزامات ایمنی ذخیره‌سازی هماهنگ است، شروع کنید. خطوط اغلب از مکان ذخیره گاز شروع می‌شوند تا گاز به محل استفاده انتقال یابد. مهم است توجه داشته باشید برای هر نوع گاز احتمال دارد جنس لوله‌ها متفاوت باشند؛ زیرا سازگاری متفاوتی بین انواع گاز و جنس لوله وجود دارد.

در جدول (۳-۴) فهرستی از تطابق یا مقاومت مواد گازی و جنس لوله آورده شده است.



جدول (۳-۴) سازگاری و مقاومت مواد گازی و لوله‌ها. F: مناسب؛ G: خوب؛ NR: توصیه نمی‌شود.

ترکیبات	Al	Bs	Bu	CSt	Cu	NiCu	Np	Nr	Ny	PE	PVC	SS	Te
استیلن	G	F	G	G	NR	NR	F	NR	F	NR	G	G	F
هوا	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
آمینومتن	F	NR	F	G	NR	G	NR	F	G	G	G	G	G
آمونیاک	F	NR	G	G	F	NR	F	F	NR	-	G	F	G
آرگون	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
ارسین	F	F	G	F	G	G	F	G	G	G	G	F	G
بورتری کلرید	NR	F	NR	G	NR	G	NR	NR	NR	F	F	G	G
تری‌فلوئورید بور	NR	NR	F	F	NR	F	F	NR	NR	F	F	F	F
برومواتن (متیل)	NR	G	NR	F	G	G	NR	NR	-	F	F	G	G
برومواتن (وینیل)	NR	NR	F	F	NR	G	NR	-	F	F	F	G	G
۱،۲- بوتادین	G	G	NR	G	G	G	F	NR	F	F	F	G	G
بوتان	G	G	NR	G	G	G	F	G	G	NR	G	G	G
ایزوبوتان	G	G	NR	G	G	G	F	G	F	NR	G	G	G
۱- بوتن	G	G	NR	G	G	G	NR	G	F	NR	G	G	G
2-isobutene	G	G	NR	G	G	G	F	G	G	NR	G	G	G
ایزوبوتن	G	G	NR	G	G	G	F	G	G	F	G	G	G

ترکیبات	Al	Bs	Bu	Cst	Cu	NiCu	Np	Nr	Ny	PE	PVC	SS	Te
ترانس-۲-بوتن	G	G	NR	G	G	G	F	G	G	NR	G	G	G
۱-بوتین	G	NR	-	G	NR	-	-	-	-	-	-	G	NR
دی‌اکسید کربن	G	G	F	G	G	G	NR	NR	G	F	G	G	G
مونوکسید کربن	G	G	NR	F	G	G	F	F	G	F	F	G	G
کربن اکسی فلئورید	-	G	-	G	G	G	-	-	-	-	-	G	-
کربنیل سولفید	F	F	NR	F	F	F	NR	NR	G	NR	G	NR	G
کلر	NR	F	NR	F	F	NR	NR	NR	NR	NR	F	G	G
کلردی فلئورواتان	G	G	F	G	G	G	G	F	G	F	F	G	G
کلردی فلوروماتان	G	G	F	G	G	G	G	NR	NR	F	F	G	NR
کلرواتان	F	F	G	F	F	F	F	G	-	-	NR	G	G
کلرواتن	NR	F	F	F	NR	F	G	-	G	G	-	F	G
کلرومتان	NR	G	NR	F	G	F	NR	NR	-	NR	NR	F	G
کلرو پنتا فلئورواتان	G	G	G	G	G	G	G	G	F	G	G	G	F
سیانیک کلراید	-	-	-	NR	G	-	NR	NR	-	-	F	G	-
سیکلوپروپان	G	G	NR	G	G	G	F	G	-	NR	G	G	G
دوتریوم	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
دی‌بوران	G	G	G	G	G	G	G	G	F	F	-	G	G
دی‌کلردی	G	G	NR	G	G	G	G	F	G	F	G	G	NR



ترکیبات	Al	Bs	Bu	Cst	Cu	NiCu	Np	Nr	Ny	PE	PVC	SS	Te
فلورومتان													
دی کلروفلوروئورومتان	G	G	NR	G	G	G	NR	NR	G	NR	G	G	G
دی کلروسیلان	NR	F	NR	F	F	NR	NR	NR	NR	F	-	G	G
۲،۱ -													
دی کلروترافلوروئورو	G	G	F	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
اتان													
۱،۱ - دی فلوروئورو	G	G	F	G	G	G	F	G	G	F	G	G	G
اتان													
۱،۱ - دی فلوروئورو اتان	G	F	-	G	NR	G	-	-	-	-	-	G	G
دی فلوروومتان	G	G	G	G	-	F	G	-	-	G	-	G	G
دی متیل آمین	F	NR	F	G	NR	NR	NR	NR	-	G	G	G	G
۲،۲ - دی متیل	G	G	F	G	G	G	F	G	-	NR	G	G	G
پروپان													
ایپوکسی اتان	G	G	NR	F	NR	G	NR	NR	-	F	F	G	G
اتان آمین	F	NR	F	G	NR	F	F	NR	NR	G	G	G	G
اتان	G	G	NR	G	G	G	G	G	G	F	G	G	G
اتان دی نیتربیل	G	NR	NR	F	NR	-	G	NR	-	G	G	G	G
اتان	G	G	F	G	G	G	G	G	G	F	G	G	G

ترکیبات	Al	Bs	Bu	CSt	Cu	NiCu	Np	Nr	Ny	PE	PVC	SS	Te
فلوئور	F	F	NR	F	F	G	NR	NR	NR	NR	NR	F	F
فلورومان	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
هلیوم	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
هگزا فلوروئوتان	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	-	G	G
هیدروژن	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
برومید هیدروژن	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	G	G	F	G
کلرید هیدروژن	NR	NR	NR	F	NR	F	NR	NR	NR	G	F	G	F
هیدروژن فلوراید	NR	NR	NR	NR	NR	NR	G	NR	NR	F	NR	F	F
یدید هیدروژن	NR	NR	NR	F	NR	NR	NR	NR	NR	F	NR	F	G
سولفید هیدروژن	F	F	F	F	F	G	NR	NR	G	F	F	F	G
کربتون	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
متان	G	G	NR	G	G	G	G	G	G	F	G	G	G
متانتیل	F	NR	F	F	NR	NR	F	NR	G	G	G	G	G
متوکسی اتن	G	G	G	G	F	G	F	-	-	F	F	G	G
متوکسی متان	G	G	NR	G	G	G	NR	-	-	F	-	G	G
نتون	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
اکسید نیتریک	F	NR	NR	F	NR	G	F	NR	NR	G	G	F	F
نیتروژن	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G



ترکیبات	Al	Bs	Bu	CSt	Cu	NiCu	Np	Nr	Ny	PE	PVC	SS	Te
دی اکسید نیتروژن	F	NR	NR	F	NR	G	NR	NR	NR	F	NR	G	G
تری فلوئورید نیتروژن	G	G	F	F	G	G	F	NR	-	F	NR	G	G
اکسید نیتروژن	F	G	NR	F	G	G	NR	F	F	G	G	G	G
اکتافلورو پروپان	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
اکسیرن	G	G	F	G	G	G	F	F	G	G	G	G	G
فسژن	NR	F	G	NR	F	G	G	G	NR	F	F	F	G
فسفین	F	G	G	F	G	G	G	G	F	F	-	F	G
پروپیلادین	G	G	G	G	G	G	G	-	F	-	-	G	G
پروپان	G	G	NR	G	G	G	NR	G	G	NR	G	G	G
پروپن	G	G	NR	G	G	G	F	NR	-	F	G	G	G
پروپین	G	F	G	G	NR	NR	G	-	F	G	-	G	G
سیلان	G	G	G	F	G	G	G	F	F	F	-	G	G
تتراکریلید سیلیکون	NR	F	NR	F	F	NR	NR	NR	F	F	NR	F	G
تترافلوئورید	F	F	NR	F	F	NR	NR	NR	NR	F	NR	F	G
سیلیکون	F	F	-	F	F	F	NR	NR	NR	G	F	G	G
دی اکسید گوگرد	F	F	-	F	G	G	G	NR	NR	G	G	G	G
هگزا فلورید گوگرد	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
تترافلوئورو اتان	-	G	-	G	G	-	-	-	-	-	-	G	-

ترکیبات	Al	Bs	Bu	CSt	Cu	NiCu	Np	Nr	Ny	PE	PVC	SS	Te
تترافلوئورو متان	G	G	G	G	G	G	G	G	F	G	G	G	G
تری کلروسیلان	F	F	NR	F	F	F	NR	NR	NR	-	-	G	G
تری فلوئورو متان	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
تری متیل آمین	NR	NR	G	G	NR	G	F	F	NR	G	G	G	G
زنون	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G

آلومینیوم؛ Bs برنج؛ Bu لاستیک بوتیل؛ CSt فولاد کربنی؛ Cu مس؛ NiCu نیکل - مس (مومل)؛ Np نتوپرن؛ Nr لاستیک نیتریل؛ Ny نایلون؛ PE پلی اتیلن؛
 PVC پلی وینیل کلراید؛ SS فولاد ضدزنگ؛ Te تفلون



الزامات متفاوتی برای محفظه‌های گاز بسته به نوع گاز موجود در آن‌ها اعمال می‌شود؛ برای مثال، در ایالات متحده براساس نوع گاز موجود در محفظه (اتصالات CGA)، ۴۵ نوع اتصال و تنظیم‌کننده گاز وجود دارد. در اروپا تعداد کمتری از این اتصالات وجود دارد. حتماً اطمینان یابید که چه نوع اتصالات و تنظیم‌کننده‌هایی برای گاز خاص مورد استفاده شما مناسب هستند (جدول ۴-۴).

برخی از شیرها در جهت عقربه‌های ساعت و برخی دیگر در خلاف جهت عقربه‌های ساعت باز می‌شوند. اگر آموزش مناسب در زمینه کار با اتصالات محفظه گاز دریافت نکرده‌اید، با مدیر خود تماس بگیرید و آموزش مربوطه را درخواست کنید. تلاش نکنید همه چیز را خودتان حل کنید! تمام محفظه‌های گاز باید همانند سایر مواد شیمیایی به‌خوبی برچسب‌گذاری شوند و مانومترهای فشار باید قابل مشاهده باشند تا بتوانید مقدار گاز باقی‌مانده در ظرف را ببینید. بررسی همه شیرها، لوله‌ها و آشکارسازها پیش از باز کردن جریان گاز امری حیاتی است. اگر چیزی صحیح به نظر نرسید، شیر را فوراً ببندید و کمک بخواهید. ظروف خالی نیز باید به‌خوبی برچسب‌گذاری شوند.

یکی از خطرات متداول در حین استفاده از گازها، زمانی است که گازها همراه با نیتروژن مایع استفاده می‌شوند؛ برای مثال، هنگام حذف گاز از یک محلول با چرخه یخ‌زدگی - پمپاژ - ذوب. اگر یک ظرف تا حدی در زیر نیتروژن مایع غوطه‌ور شود و دوباره یک گاز مانند نیتروژن یا آرگون به آن وارد شود، احتمال تراکم بعضی از گازهای واردشده وجود دارد. اگر این ظرف بسته و اجازه گرم شدن داشته باشد، فشار به‌دلیل جوش آمدن گاز افزایش می‌یابد و به‌سادگی می‌تواند منجر به انفجار شود. اگر نیتروژن مایع در یک شلنک لاین^۱ که به هوای آزاد دسترسی دارد، حبس شود، این موضوع حتی می‌تواند خطرناک‌تر باشد. در این محل اکسیژن ممکن است تجمع یابد که می‌تواند در صورت جوش آمدن در یک سیستم بسته منجر به انفجار شود. اکسیژن مایع آبی‌رنگ است؛ بنابراین، اگر رنگ آبی غیرمنتظره‌ای در دریچه یا ظرف خود زیر یخ‌زدگی نیتروژن مایع ببینید، اقدامات احتیاطی مناسب را انجام دهید.

1. Schlenck line

در صورت تجمع گاز، اولویت با حفاظت از خودتان است؛ برای مثال، فوراً سپر ضد انفجار را به کار ببرید. گاهی اوقات برای جلوگیری از انفجار می‌توان درحالی که گاز تجمع یافته را در حمام نیتروژن مایع نگه داشته‌اید، جریان گاز ورودی را قطع کرده و آن را تحت شرایط خلأ قرار دهید. این عمل به گاز تجمع یافته اجازه می‌دهد که به آرامی دوباره تبخیر شود، هم‌زمان نیتروژن مایع تبخیر می‌شود و شرایط خلأ نیز به سرعت از رسیدن به نقطه جوش جلوگیری می‌کند. با این حال اطمینان یابید که این اقدامات شما را در معرض خطر بیشتری قرار نمی‌دهد و مطمئن شوید که هرکسی که در نزدیکی شما کار می‌کند، از خطر مطلع شود.

جدول (۴-۴) شیرهای گاز در ایالات متحده (CGA)، اروپا (DIN) و انگلستان (BS) برای انواع مختلف گازها استفاده می‌شود.

انگلستان (BS)	اروپا (DIN)	ایالات متحده آمریکا (CGA)	ترکیبات
4		510/300	استیلن
3	13	590/346	هوا
	1	510	لون (پروپادین)
10	8	240	آمونیاک بدون آب
3	10	580	آرگون
4	5	350/660	آرسین
		660/329	بور تری کلرید
4	1	510	۳،۱- بوتادین
4	1	510	بوتان
4	1	510	بوتن‌ها
8	6	320	دی اکسید کربن
4	5	350	مونوکسید کربن
	8	660/750	کربنیل فلوراید
	5	330	کربنیل سولفید
6	8	660	کلر

انگلستان (BS)	اروپا (DIN)	ایالات متحدہ امریکا (CGA)	ترکیبات
7	5	290/510	کلرو اتن (وینیل کلرید)
	6	750/660	سیانوژن (اتان دی نیتریل)
		750/661	سیانوژن کلراید
		510	سیکلو پروپان
1	1	350	دوٹریوم
11	5	705/240	دی متیل آمین
	1	510	دی متیل اتر
4	1	350	اتان
	1	510	اتیل استیلن
7	1	510/300	اتیل کلرید
4	1	350	اتیلن
7	1	510	اتیلن اکساید
		679/670	فلوئور
6	6	320	فریون ۱۴ (تترافلورومتان)
6	6	660/620	فریون ۲۲ (کلرودی فلوئورومتان)
3	10	580/677	ہلیوم
4	1	350	ہیدروژن
	8	330	برومید ہیدروژن
6	8	330	کلرید ہیدروژن
		330/660	فلورید ہیدروژن
15	5	330	سولفید ہیدروژن
4	1	510	ایزو بوتان
4	1	510	ایزو بوتیلن
3	10	590	کریپٹون
4	1	350	متان
7	5	660/510	متیل کلراید

انگلستان (BS)	اروپا (DIN)	ایالات متحده آمریکا (CGA)	ترکیبات
	5	330/750	متیل مرکاپتان
11	5	240/705	مونو اتیل آمین
11	5	240/705	مونو متیل آمین
		750/350	گاز خردل
4	1	350/677	گاز طبیعی
3	10	590/580	نئون
14	8	660/755	اکسید نیتریک
3	10	580	نیتروژن
14	8	660/160	دی اکسید نیتروژن
13	6	326	اکسید نیتروژن
3	6	540	اکسیژن
6	8	660	فسژن
4	5	660/350	فسفین
4	1	510	پروپان
4	1	510	پروپیلن
	5	350/510	سیلان
	8	330	تترافلوئورید سیلیکون
12	8	660/668	دی اکسید گوگرد
6	6	590/668	هگزاfluورید گوگرد
11	5	240/705	تری متیل آمین
7	5	290/510	وینیل کلراید (کلروتن)
3	10	580/677	زنون

اگر شما در حال آماده سازی واکنشی هستید که نیاز دارد تحت فشار باشد، محفظه واکنش باید از مقاومت کافی برخوردار باشد تا الزامات فشار را تحمل کند. وسیله مناسب بستگی به فشار مورد نیاز دارد. مخزن مناسب با فشار مورد نیاز تغییر می کند. اگر واکنش در فشارهای

ایجادشده اندکی بالاتر باشد و در یک مخزن شیشه‌ای صورت گیرد؛ برای مثال، هنگام اجرای برخی آزمایش‌های هیدروژناسیون باید اطمینان یابید که در شیشه هیچ ترکی وجود نداشته باشد، اما واکنش‌های تحت فشار اغلب به مخزن یا ظرف مقاوم‌تری نیاز دارند. این یک مخزن فشار فلزی است که می‌تواند محکم مهر و موم شود. پیش از شروع به استفاده از آن حتماً آموزش مناسب برای مخزن تحت فشاری را که قرار است از آن استفاده کنید، ببینید. همچنین هنگام آماده‌سازی و اجرای یک واکنش تحت فشار توصیه می‌شود از یک نوع سپر محافظ اضافی استفاده شود تا در صورت وجود خطا در حین انجام آزمایش از خطرات احتمالی جلوگیری شود. در پایان آزمایش نیز باید در اطلاع‌رسانی فشار باقی‌مانده نهایت دقت را کرد. دوباره مطمئن شوید که پیش از استفاده از وسایل فشار بالا آموزش مناسب در این زمینه را دریافت کرده‌اید و اولین آزمایش را زیر نظر مستقیم یک پژوهش‌گر با تجربه انجام دهید.

برخی از گازها دارای خطرات بیشتری علاوه بر خطرات مرتبط با فشار هستند. این خطرات می‌توانند شامل سمیت مانند مونوکسید کربن و قابلیت اشتعال مانند هیدروژن باشند. در این موارد اقدامات بیشتری در زمینه این خطرات انجام دهید. متأسفانه انفجارهای جدی مرتبط با گاز هنوز هم خیلی رایج هستند و برخی از آن‌ها منجر به مرگ شده‌اند.

انفجارهای هیدروژنی^۱

در سال ۲۰۱۸ یک تکنسین با تجربه در حال راه‌اندازی یک سیلندر با ترکیبی از گازهای هیدروژن و اکسیژن برای انجام آزمایشی بود. هیدروژن و اکسیژن هر دو گاز قابل اشتعال هستند و واکنش بین آن‌ها می‌تواند بسیار انفجاری باشد. البته مخلوط کردن آن‌ها با هم منجر به واکنش نمی‌شود، بلکه نیاز به یک جرقه یا حرارت است. مشخص نیست این بار دقیقاً چه اشتباهی اتفاق افتاد، اما متأسفانه در حین راه‌اندازی آزمایش، انفجاری رخ داد که منجر به مرگ ناگهانی تکنسین و زخمی شدن چندین محقق دیگر شد. در یک حادثه غم‌انگیز مشابه در سال ۲۰۱۹، یک استاد در حال انجام آزمایش مبتنی بر هیدروژن بود که منجر به یک انفجار شدید شد. این استاد در اثر انفجار دچار جراحات و سوختگی شدید شد که در نهایت چند هفته پس از حادثه درگذشت.

۱. اطلاعات اولیه درباره اولین حادثه از یک گزارش خبری از The New Indian Express به نام - HSc blast: Deceased was setting up cylinder, says survivor در تاریخ ۱۲ دسامبر ۲۰۱۸ گرفته شده است و می‌توانید از طریق لینک زیر به آن مراجعه کنید:

[لینک خبر اول]

([https:// www.newindianexpress. com/cities/ bengaluru/2018/dec/ 12/deceased-was- setting-up-cylinder- says- survivor- 1910361.html](https://www.newindianexpress.com/cities/bengaluru/2018/dec/12/deceased-was-setting-up-cylinder-says-survivor-1910361.html))

اطلاعات درباره دومین حادثه از یک گزارش خبری از "The Times of Israel" گرفته شده است و می‌توانید از طریق لینک زیر به آن مراجعه کنید:

[لینک خبر دوم]

(<https://www.timesofisrael.com/technion-professor-dies-after-suffering-serious-injury-in-lab-explosion>)

مواد منفجره

مواد منفجره هنگام انفجار می‌توانند مقدار زیادی گاز یا گرما را با سرعت زیاد رها کنند که تهدید جانی جدی در پی دارد؛ زیرا این آزادسازی حاوی مقدار قابل توجهی از انرژی تخریبی است. اگر نیاز به کار با مواد منفجره دارید، آموزش مناسب درخواست کنید. برخی از مواد منفجره به خوبی شناخته شده‌اند؛ مانند TNT و مواد آتش‌بازی، بنابراین از ابتدا می‌توان اقدامات احتیاطی صحیح را انجام داد که شامل نگهداری ایمن مواد منفجره دور از منابع احتمالی اشتعال است، از جمله گرما و نور مستقیم خورشید. هنگام کار با این ترکیبات فاصله مناسب همراه با سپر محافظ و البته تجهیزات حفاظت فردی موردنیاز نیز پیشنهاد می‌شود. سایر اقدامات احتیاطی خاص ممکن است به ماده منفجره خاصی که با آن کار خواهید کرد، بستگی داشته باشد؛ بنابراین، مطمئن شوید آموزش مناسب را دریافت کرده و الزامات ایمنی را انجام داده‌اید، از جمله خواندن اوراق اطلاعات ایمنی پیش از کار با این ترکیبات.

یک کلاس دیگر از مواد منفجره خطرناک ممکن است مواد شیمیایی بالقوه انفجاری باشند. این‌ها موادی هستند که وقتی ابتدا دریافت می‌شوند، لزوماً انفجاری نیستند، اما با گذر زمان ممکن است انفجاری شوند. یک مثال از این‌ها، ترکیبات آلی حاوی پراکسید مانند اترها است. این‌ها به دلیل عدم قطعیت درباره اینکه در یک زمان خاص چقدر می‌توانند خطرناک باشند، خطر ویژه را همیشه به همراه دارند. برای این ترکیبات دوجندان اهمیت دارد که آن‌ها را با تاریخ دریافت و تاریخ باز شدن به وضوح برچسب‌گذاری کنید.

درباره کنترل ایمنی این مواد منفجره بالقوه، بسیاری از موارد نامشخص هستند؛ بنابراین، اگر در حال کار با این ترکیبات هستید، مهم است که مجدداً تحقیقات خود را برای ترکیبات خاصی که با آن‌ها کار می‌کنید، انجام دهید. چندین توصیه عمومی برای نگهداری ترکیباتی که در حال حاضر انفجاری هستند، شامل دور نگه داشتن آن‌ها از همه منابع اشتعال از جمله گرما و نور مستقیم خورشید وجود دارد. اگر یک مخزن مشکوک به فشار بیش از حد باشد، بهتر است که فشار را آزاد کنید، اما اگر این کار را انجام می‌دهید، تمام تجهیزات حفاظت فردی

موردنیاز از جمله دستکش‌های محافظ و یک سپر (صفحه) محافظ شیشه‌ای بین خود و مخزن را به کار بگیرید. همچنین پیش از آزادسازی فشار با همکار و/ یا سرپرست خود مشورت کنید.

آزمون‌های پراکسید

در برخی موارد می‌توانید مواد شیمیایی را برای گسترش انفجار آزمایش کنید. آزمون‌های پراکسید شامل نوارهای نم‌دار و ویژه برای آزمایش تشخیص نیمه‌کمی پراکسیدها در محلول‌های آلی و غیرآلی هستند. آزمون‌های دیگر شامل روش تیوسیانات آهن، آزمون‌های یدید و آزمایش سولفات تیتانیوم هستند. همچنین می‌توان پراکسیدهایی را که ممکن است ایجاد شده باشند، حذف کرد؛ بنابراین این موضوع یکی از ملاحظات برای اقدام پیشگیرانه است.

نمونه‌ای از آزمایش پراکسید

روش‌های مختلفی برای تست پراکسید محصول شما وجود دارد. ساده‌ترین آن‌ها استفاده از نوارهای تست پراکسید است؛ یک نوار تست تجاری که می‌تواند تا ۲۵ ppm از پراکسید موجود در محصول شما را اندازه‌گیری کند.

باین حال، اگر بخواهید مقدار پراکسید موجود در محصول خود را تعیین کنید، می‌توانید از روش تیتراسیون زیر استفاده کنید که در چندین شرکت دارویی استفاده شده است:

(الف) ۵,۰ گرم ($\pm 0,05$) نمونه را در یک بالن شیشه‌ای ارلن مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری وزن کنید.

(ب) ۳۰ میلی‌لیتر از محلول استیک اسید - کلروفرم (۶۰٪ استیک اسید و ۴۰٪ کلروفرم) اضافه کنید.

(پ) با دقت مخلوط کنید تا نمونه کاملاً حل شود.

(ت) ۵,۰ میلی‌لیتر از محلول یدید پتاسیم اشباع‌شده اضافه کنید.

(ث) با دقت به مدت یک دقیقه مخلوط کنید.

(ج) بلافاصله ۳۰ میلی‌لیتر از آب تصفیه‌شده افزوده و خوب تکان دهید تا تمام ید از لایه کلروفرم

حذف شود.

(چ) یک بورت را با سدیم تیوسولفات ۰,۱ نرمال پر کنید.

- (ح) اگر رنگ ابتدایی محلول، نارنجی تیره مایل به قرمز باشد، به آرامی با مخلوط کردن تیترا کنید تا رنگ محلول روشن شود. باین حال، اگر محلول رنگ کهربایی روشن دارد، مستقیماً به مرحله بعد بروید.
- (خ) یک میلی‌لیتر از محلول نشاسته ۱٪ (به عنوان نشان گر) اضافه کنید.
- (د) با محلول تیوسولفات سدیم تیترا کنید تا زمانی که رنگ آبی - خاکستری از لایه آبی (لایه بالایی) ناپدید شود و حجم مصرف شده را ثبت کنید.
- همچنین باید یک نمونه خالی (بلانک) ایجاد کنید. بلانک باید شامل تمامی معرف‌های استفاده شده به جز محصول نمونه باشد و براساس پروتکل اجرا شود.
- سپس برای محاسبه مقدار پراکسید از معادله زیر استفاده کنید:

$$\text{ارزش پراکسید} = \frac{(s - b) \times n_{\text{تیوسولفات}} \times 1000}{W_{\text{نمونه}}}$$

S حجم تیوسولفات مورد استفاده برای تیتراسیون نمونه، B حجم تیوسولفات استفاده شده برای تیتراسیون بلانک است. N تیوسولفات، قدرت دقیق تیوسولفات در N است و W نمونه، وزن دقیق نمونه گرفته شده است.

مهم است از سال تولید ترکیبات آگاه باشید و یک برنامه آزمایش یا یک برنامه مخصوص دفع این ترکیبات با پتانسیل انفجار داشته باشید، به ویژه پیش از تقطیر آزمایش این ترکیبات بسیار حیاتی است؛ زیرا فرایند تقطیر در صورت وجود پراکسیدها به خصوص در انتهای تقطیر خطر انفجار را افزایش می‌دهد. اگر سال تولید یا منشأ بطری را نمی‌دانید، آن را آزمایش نکنید، بلکه به درستی دور بریزید. اگر کریستال در لبه‌های کلاهک مشاهده می‌شود، احتیاط ویژه نیاز است. پراکسیدها برای بطری‌های قدیمی ممکن است بلورین شوند و می‌توانند هنگام باز کردن بطری خطر ایجاد کنند. در این حالت بهتر است آن را به طور مستقیم بدون باز کردن کامل دور بریزید. جدول (۴-۵) شامل فهرستی از برخی خانواده‌های شیمیایی منفجره یا با پتانسیل

انفجاری است. اگر با هریک از این ترکیبات کار می‌کنید، اطمینان یابید که اقدامات احتیاطی مناسب را انجام داده و یک برنامه آزمایش مناسب ایجاد کرده‌اید. به‌طور کلی، همچنین باید اوراق اطلاعات ایمنی درباره این را که آیا یک ترکیب منفجره است یا پتانسیل انفجاری دارد، جست‌وجو کنید.

پراکسیدهای منفجره در یک بطری قدیمی اتر^۲

چندین دهه پیش پژوهش‌گران در حال دسته‌بندی بطری‌های شیمیایی در یک انبار بودند که دو بطری با قدمت بیش از ۲۰ سال را یافتند که دارای برجسب ایزوپروپیل اتر بودند. در زیر لایه‌های مایع در هر دو بطری، یک لایه جامد کریستالی وجود داشت. آن‌ها با علم به اینکه ایزوپروپیل اترها می‌توانند پراکسید تشکیل دهند و مشکوک بودند که این ماده جامد ممکن است خطرناک باشد، مایع را تخلیه کردند و به بطری آب اضافه کردند. ماده جامد در آب حل نشد. در نهایت آن‌ها بطری‌ها را به زباله‌دانی بردند و تا آنجا که ممکن بود، بطری‌ها را پرت کردند. سپس به‌سوی آن‌ها سنگ پرتاب کردند تا آن‌ها را بشکنند. اولین سنگی که اصابت کرد، باعث انفجار شدیدی شد که گل‌ولای و آشغال را به اطراف پراکنده کرد.

۲. این مورد از مقاله زیر استخراج شده است:

"Steere N.V. Control of hazards from peroxides in ethers. J. Chem. Ed. 1964, 41, A575eA579".

جدول (۴-۵) فهرستی از خانواده مواد شیمیایی منفجره و دارای پتانسیل انفجاری^a

خانواده‌های شیمیایی مواد منفجره و بالقوه انفجاری	
ترکیبات استیلن (استیلید)	اگزو هالوژنات‌های فلزی
هیپوهالیت‌های آسیل	اکسومتالات‌های فلزی
آلکیل نیترات	پرکلرات‌های فلزی
آلکیل پرکلرات‌ها	پراکسیدهای فلزی
آلیل تری فلورومتان سولفونات‌ها	پراکسومولیدات‌های فلزی
اگزوسالت‌های آمین متال	پیکرات‌های فلزی
نیترات‌های معطر	ترکیبات نیتروآریل
آزیدها	ترکیبات اسید - نیتروکینونوئید
آزوکارباموران‌ها	نمک‌های اسید نیترو
ان - آزولیوم نیتروایمیدات‌ها	ترکیبات نیتروزو
ترکیبات دیازو	ترکیبات N-S
ترکیبات دیازونیوم	اسیدهای آلی
دی‌فلورآمینوآلکانول‌ها	معرف‌های ارگانولیتیوم
ترکیبات فلورونیترو	پراکسیدهای آلی معدنی
ان - اکسیدهای فورازان	اکسیم‌ها
هیدروکسواکسودی پراکسوکرومات	اگزوسالات بازهای نیتروژنی
نمک ترکیبات ید	آزونیدها
ایزوکسازول‌ها	نمک‌های پرکلرات بازهای نیتروژنی
آزیدهای هالیدی فلزی	ترکیبات پرکلریک
آزیدهای فلزی	ترکیبات پراکسی
ان - مشتقات فلزی	استرهای فسفر
فلزات فولمینات	پیکراتس
هالوژنات‌های فلزی	ترکیبات پلی نیترو آلکیل / آریل
هیدریدهای فلزی	ترکیبات حلقه صاف
نیتروفتوکسیدهای فلزی	تترازول‌ها
اکسیدهای فلزی	تریازول‌ها

^a برگرفته از دستورالعمل‌های UC Berkeley برای نگهداری و جابه‌جایی ایمن مواد شیمیایی منفجره و بالقوه

انفجاری؛ دریافت شده در ۲۷ اکتبر ۲۰۲۱: <https://ehs.berkeley.edu/sites/default/files/pecguidelines.pdf>

تمامی ترکیبات در این خانواده مواد شیمیایی، الزاماً منفجره نیستند؛ بنابراین، اگر با یک ترکیب کار می‌کنید که در زیرمجموعه یکی از این خانواده‌های شیمیایی قرار دارد، با دقت اوراق اطلاعات ایمنی را چک کنید تا ببینید آیا در آن به‌عنوان یک ترکیب منفجره یا با پتانسیل انفجاری طبقه‌بندی شده است یا خیر؟

ترکیبات قابل اشتعال و اکسیدکننده‌ها

اصلی‌ترین احتیاط برای مواد قابل اشتعال، جلوگیری از تماس با تمام منابع ایجاد آتش مانند شعله‌های باز، سطوح داغ، منابع جرقه‌زا و نور مستقیم است. همچنین در صورت وقوع حریق باید مطمئن شوید که نوع خاموش‌کننده‌های مجاز برای آتش به‌منظور استفاده در این ترکیبات و مکان نزدیک‌ترین کپسول آتش‌نشانی را می‌شناسید. این امر به‌ویژه برای فلزات قابل اشتعال که نیاز به خاموش‌کننده‌های مجاز برای آتش دارند، اهمیت دارد. در این موارد بهتر است خاموش‌کننده را نزدیک و در دسترس نگه دارید؛ زیرا ممکن است چیزی اشتباه پیش برود، اما اگر حریق بزرگ باشد یا اگر مواد قابل اشتعال دیگری در مجاورت باشد که احتمال اشتعال و/یا انفجار دارد، اولویت دادن به ایمنی خود، هشدار دادن به دیگران درباره خطر و سپس اجازه خاموش کردن حریق به متخصصان، اطلاع‌رسانی به آن‌ها درباره ترکیباتی که حریق را ایجاد کرده‌اند و مواد شیمیایی خطرناک دیگری که ممکن است روی ایمنی آن‌ها تأثیر بگذارند، حائز اهمیت است. در صورت امکان هنگام کار با این ترکیبات لباس ضد حریق بپوشید تا خطر اشتعال روپوش آزمایشگاهی شما کاهش یابد. سپس هنگام کار با مواد قابل اشتعال، بیش از اندازه لازم از آن استفاده نکنید و مواد قابل اشتعال باقی‌مانده را به‌صورت ایمن ذخیره کنید. ترکیبات قابل اشتعال اغلب قابل تبخیر هستند؛ بنابراین، باید محفظه‌های حاوی آن‌ها در زمان عدم استفاده بسته شوند تا بخارات به یک منبع حرارت نزدیک که ممکن است آن را به حالت اشتعال دربرآورد، نرسند. ایجاد برنامه‌های کلی نظافت آزمایشگاه می‌تواند خطرات ناشی از مواد قابل اشتعال را به حداقل برساند.

اکسیدکننده‌ها می‌توانند شدت حریق و قابلیت اشتعال / آتش‌سوزی سایر مواد را افزایش دهند؛ بنابراین، اطمینان یابید که هنگام استفاده و ذخیره این ترکیبات از روش خوب آزمایشگاهی^۱ پیروی می‌کنید. آن‌ها نباید در مجاورت مواد قابل اشتعال، سوزاننده‌ها و عوامل احیاءکننده نگه داشته شوند، چرا که این امر ممکن است خطر حریق را افزایش دهد. همچنین بسیاری از مواد آلی وجود دارند که ایمن‌تر است آن‌ها را از اکسیدکننده‌ها دور نگه دارید. در برخی موارد در واکنش‌هایی که از اکسیدکننده‌ها در آن‌ها استفاده می‌شود، ممکن است گازهای سمی تولید کنند؛ بنابراین، به یاد داشته باشید واکنش‌های جانبی احتمالی آزمایشاتی را که انجام می‌دهید، با دقت در نظر بگیرید و پیش از اجرای آزمایشات جدید، از اوراق اطلاعات ایمنی و همکاران خود راهنمایی بگیرید.

ترکیبات کرایوژنیک (برودتی) و سایر ترکیبات بسیار سرد

مایعاتی که دمای جوش آن‌ها زیر ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد است، به‌طور کلی به‌عنوان کرایوژنیک در نظر گرفته می‌شوند. این مواد شیمیایی شامل موادی همچون نیتروژن مایع (N_2)، هلیوم (He) و آرگون (Ar) هستند، اما دانشمندان اغلب با ترکیبات بسیار سرد دیگر نیز کار می‌کنند؛ مانند: یخ خشک (CO_2 , $T_{subl} = -78/5^\circ C$) و حلال‌های سرد مانند آن‌هایی که با استفاده از یخ خشک تا دمای $-78,5$ درجه سانتی‌گراد سرد می‌شوند یا حلال‌های آلی که با استفاده از نیتروژن مایع به دمای انجماد خود رسیده‌اند؛ برای مثال، استفاده از نیتروژن مایع برای تشکیل یک مخلوط خنک از حلال آلی. هنگام کار با این مایعات / جامدات / مواد با دمای پایین مهم است مراقب باشید، چرا که ممکن است در صورت تماس با پوست یا سایر قسمت‌های بدن یخ‌زدگی شدید ایجاد کنند. برای کار با این مواد باید دستکش مناسب و عینک ایمنی استفاده شود (برای اطلاعات بیشتر به فصل ۲ درباره دستکش مراجعه کنید). هنگامی که مایعات کرایوژنیک در تماس با جو قرار می‌گیرند، ممکن است به‌سرعت بخار شوند. از آنجاکه مقدار کمی از مایع می‌تواند حجم زیادی گاز تشکیل دهد، می‌تواند منجر به خطرات مختلفی شود؛

1. Good Laboratory Practice (GLP)

به عبارت دیگر، هنگامی که این مایعات را به اتاق‌های کوچک یا آسانسور منتقل می‌کنید، این خطر وجود دارد که کرایوژن‌ها باعث شوند اکسیژن داخل اتاق به سرعت خارج شود و وضعیتی متفاوت و خطرناک ایجاد کند؛ بنابراین، در حین کار با کرایوژن‌ها و سایر ترکیبات بسیار سرد، مواردی باید رعایت شود و از خطرات احتمالی که شما را قادر به جلوگیری از حادثه یا عکس‌العمل حساب‌شده برای به حداقل رساندن هرگونه آسیب بالقوه می‌کند، آگاه باشید.

کار با مواد شیمیایی بسیار خطرناک

اگر قصد دارید با مواد شیمیایی بسیار خطرناک مانند سرطان‌زاها یا ترکیباتی که می‌توانند باعث جهش یا نقص مادرزادی شوند کار کنید، مهم است که خود و آزمایشگاه را به درستی برای این نوع کار آماده کنید. به همکاران خود اطلاع دهید که شما چه طرحی دارید و در صورت لزوم دسترسی به مناطق کاری را محدود کنید. تمام ترکیبات سمی باید در مناطق کاری مناسب مانند هودهای شیمیایی استفاده شوند.

استفاده از مواد شیمیایی خطرناک به دانش و آموزش مناسب کاربران وابسته است. نظارت‌کنندگان باید اطمینان یابند که تیم‌های کاری یا دانشجویان تحت نظارت‌شان آموزش لازم را دریافت کرده‌اند، اما شما نیز باید اطمینان یابید که از آموزش صحیح بهره‌مند شده‌اید. برخی مواد ممکن است به قدری مرگبار باشند که کار کردن با آن‌ها ارزش نداشته باشد، حداقل اگر می‌توانید از آن‌ها پرهیز کنید. زمانی که با این مواد بسیار خطرناک سروکار دارید، در نظر بگیرید که آیا راه متفاوت و ایمن‌تری برای انجام تحقیقات یا آزمایش‌های لازم وجود دارد و در این راستا با همکاران و/یا ناظر خود مشورت کنید. اگر راهی ایمن‌تر وجود دارد، از آن استفاده کنید و خود را در معرض خطر غیرضروری قرار ندهید. شرح زیر نشان‌دهنده خطر دی‌متیل‌جیوه است، اما نتیجه این حادثه باعث شده است که بسیاری از شیمی‌دانان دی‌متیل‌جیوه را به کار نبرند یا خود را در تماس با آن قرار ندهند. برخی آزمایش‌ها ارزش خطرپذیری را ندارند.

قطرات مرگبار دی‌متیل‌جیوه^۳

در سال ۱۹۹۶ یک استاد به طور تصادفی چند قطره دی‌متیل‌جیوه را روی دستکش خود ریخت. او تمام تجهیزات حفاظت فردی مناسب، از جمله دستکش لاتکس یکبار مصرف پوشیده بود. پس از این حادثه، او محل نشستن را تمیز کرد و دستکش‌های خود را درآورد.

چند ماه بعد، استاد دچار مشکلات عصبی شد. او به بیمارستان مراجعه کرد و پس از معاینه دقیق، متوجه مسمومیت با متیل‌جیوه شد. ریختن تنها چند قطره، تنها تماس او با جیوه بود و بررسی محتویات جیوه در موهای او، زمان مواجهه با جیوه را نشان داد. متأسفانه این دستکش‌ها کافی نبودند و با وجود اقدامات درمانی، او در نهایت ۲۹۸ روز پس از تماس با ماده مسموم درگذشت. نمی‌توان اطمینان یافت که انواع دیگر دستکش‌ها محافظت بهتری داشته باشند، اما با توجه به سمیت فوق‌العاده دی‌متیل‌جیوه توصیه می‌شود تا حد امکان از کار با آن خودداری کنید. در صورت نیاز به کار با این ترکیب، باید با احتیاط کامل با آن کار کنید.

۳. این مورد از مقاله علمی زیر استخراج شده است:

"Delayed cerebellar disease and death after accidental exposure to dimethylmercury" در نشریه New

England Journal of Medicine، سال ۱۹۹۸، جلد ۳۳۸، صص ۱۶۷۲ تا ۱۶۷۶.

ظروف دائمی و موقت برای ذخیره‌سازی مواد شیمیایی

به‌طور کلی، همواره باید مواد شیمیایی را در ظروف اصلی خود ذخیره کنید. در صورت به‌کارگیری ظروف موقت برای ذخیره‌سازی مواد شیمیایی، برای مثال در خلال آزمایش، باید سازگاری مواد شیمیایی با جنس ظرف ذخیره‌سازی را در نظر بگیرید. برخی از مواد شیمیایی مانند اسید هیدروفلوئوریک، برای مثال با ظروف شیشه‌ای سازگار نیستند و ممکن است با آن واکنش داشته باشند و نشتن کنند. در موارد دیگر سازگاری حتی ممکن است به واکنش انفجاری منجر شود، به‌ویژه اگر درب ظرف بسته باشد. همیشه در انتخاب جنس ظروف

ذخیره‌سازی مواد شیمیایی دقت کنید. جداول (۴-۶) و (۴-۷) سازگاری عمومی چند نوع ظرف و لوله را به ترتیب نشان می‌دهند.

ذخیره‌سازی و برچسب‌گذاری محصولات ساخته‌شده

اطمینان یابید که مسائل احتمالی مربوط به سازگاری بین ترکیبات تازه ساخته‌شده و ظروف ذخیره‌سازی را که تصمیم به استفاده از آن‌ها دارید، در نظر داشته باشید. جدول (۴-۶) در اینجا می‌تواند مفید باشد. همچنین مهم است تمام مواد ساخته‌شده را به‌وضوح برچسب‌گذاری کنید. هیچ ماده شیمیایی بدون برچسب نباید در محل کار شما یافت شود؛ بنابراین، برچسب زدن مواد شیمیایی را به‌طور واضح و سریع انجام دهید و مراقب باشید که برچسب‌ها، لکه‌دار یا شسته نشوند (شکل (۴-۴)). اگر چنین اتفاقی رخ داد، تا زمانی که هنوز به یاد داشته باشید که حاوی چه ترکیبی هستند، آن‌ها را بلافاصله دوباره برچسب بزنید.



جدول (۴-۶) سازگاری شیمیایی ترکیبات شیمیایی متداول و مواد ذخیره سازی و ظروف آزمایشگاهی. E عالی؛ F مناسب؛ G خوب؛ NR توصیه نمی شود.

ترکیبات	FEP	FLPE	HDPE	LDPE	PC	PSF	PS	PMM A	PETG	PMP	PP	PDCO
استالائید	E	E	G	G	NR	NR	NR	NR	-	G	G	G
استیک اسید	E	E	G	G	NR	G	F	NR	NR	E	E	E
استون	E	E	F	F	NR	F	NR	NR	NR	E	F	NR
استونیتریل	E	E	E	E	NR	NR	NR	NR	-	F	E	F
کلرید آلومینیوم	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
آمونیاک (محلول آبی)	E	F	E	E	NR	G	E	NR	-	E	E	E
هیدروکسید آمونیوم	F	G	F	F	NR	G	G	F	NR	G	F	F
الکل بنزیل	E	E	F	G	NR	G	NR	F	G	E	G	NR
بوتانول	E	E	E	E	E	E	G	NR	E	E	E	E
بوتیل اتر	E	E	-	NR	NR	NR	NR	NR	-	-	G	-
کلسیم هیدروکسید	E	F	E	E	F	E	E	G	-	E	E	E
اسید کلرواستیک	E	E	E	E	F	F	G	NR	-	E	E	E
کلروفرم	E	G	F	F	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
اسید کرومیک	E	NR	NR	NR	NR	NR	F	NR	NR	F	F	NR

ترکیبات	FEP	FLPE	HDPE	LDPE	PC	PSF	PS	PMMA	PETG	PMP	PP	PCCO
(/۸۰)	E	E	E	G	E	E	E	E	-	E	E	E
اسید سیتریک	E	E	E	G	E	E	E	E	G	E	E	E
روغن ذرت	E	E	E	F	F	E	E	NR	-	E	E	-
سیکلوهگزانول	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
آب مقطر	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	-
دی اتانول آمین	E	G	-	-	F	F	E	-	-	-	E	-
دی اتیل اتر	E	G	NR	F	NR	NR	NR	NR	E	NR	NR	NR
دی متیل استامید	E	G	E	F	NR	NR	NR	-	-	G	E	E
دی متیل فرمامید	E	G	E	E	NR	NR	NR	NR	NR	E	E	E
دی متیل	E	E	E	NR	NR	NR	NR	NR	NR	E	E	E
سولفو کسید	E	E	G	G	NR	NR	NR	NR	-	F	F	G
دی اکسان	E	E	E	E	G	E	G	NR	-	E	E	E
اتانول	E	G	G	G	NR	NR	-	-	NR	-	E	-
اتانول آمین	E	E	E	E	NR	NR	NR	NR	NR	E	E	G
اتیل استات	E	E	E	E	NR	NR	NR	-	-	E	E	-
اتیلن گلیکول	E	E	E	E	E	E	E	G	E	E	E	E



ترکیبات	FEP	FLPE	HDPE	LDPE	PC	PSF	PS	PMM A	PETG	PMP	PP	PCCO
اسیدهای چرب	E	E	E	G	G	G	E	E	G	E	E	E
فرمالین (۱٪)	E	E	E	E	E	E	G	E	-	E	E	E
فرمالین (۳۰٪)	E	E	E	E	E	E	G	E	F	E	E	E
فرمالین	E	E	E	E	E	E	G	E	F	E	E	E
اسید فرمیک	E	E	E	G	F	G	G	NR	-	E	E	E
گلیسیرول	E	E	E	E	E	E	E	E	-	E	E	E
هیتان	E	G	F	NR	F	G	NR	E	E	F	F	-
اسید هیدروکلریک	E	E	E	E	E	E	E	G	G	E	E	E
۱ نوزمال	E	E	E	E	F	F	E	NR	F	E	E	E
اسید هیدروکلریک	E	E	E	E	NR	F	F	NR	NR	E	E	E
اسید	E	E	E	E	NR	F	F	NR	NR	E	E	E
هیدروفلوئوریک	E	E	E	E	E	E	E	E	G	E	E	E
پراکسید هیدروژن	E	E	E	E	E	E	E	E	-	E	E	E
(۳۰٪)	E	E	E	E	E	E	E	E	G	E	E	E
ید (۱٪)	E	G	G	E	G	E	G	NR	-	E	E	E
ایزو بوتانول	E	E	E	E	E	E	G	NR	F	E	E	E
ایزو پروپیل الکل	E	E	E	E	G	E	E	NR	F	E	E	E

ترکیبات	FEP	FLPE	HDPE	LDPE	PC	PSF	PS	PMMA	PETG	PMP	PP	PPO
اسید لاکتیک	E	E	E	E	E	E	E	E	NR	E	E	E
اسید مالیک	E	E	E	E	E	E	E	G	-	-	E	-
جیوه	E	E	E	E	NR	E	E	E	-	E	E	E
متانول	E	E	E	E	G	E	F	NR	NR	E	E	E
متیل اتیل کتون	E	E	F	G	NR	NR	NR	NR	G	F	G	E
روغن معدنی	E	E	E	G	E	E	E	E	G	G	E	E
فتالین	E	G	F	NR	NR	NR	E	NR	-	E	E	F
اسید نیتریک	E	F	F	F	F	F	NR	NR	NR	F	NR	NR
اسید اولئیک	E	G	G	F	E	E	F	E	NR	e	E	E
اسید اگزالیک	E	E	E	G	E	E	E	E	-	E	E	E
پنتان	E	G	NR	e	NR	NR	NR	E	-	-	G	-
اسید پرکلریک	E	E	E	E	NR	NR	G	F	-	-	E	-
اتر نفت	E	F	F	NR	NR	NR	NR	G	E	NR	NR	NR
فل	E	E	F	F	NR	F	NR	NR	NR	NR	NR	G
اسید فسفریک	E	E	E	E	E	E	E	NR	-	E	E	E
پلی اتیلن گلیکول	E	E	E	E	E	E	E	NR	-	-	E	-



ترکیبات	FEP	FLPE	HDPE	LDPE	PC	PSF	PS	PMMA	PETG	PMP	PP	PBPO
کلرید پتاسیم	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
هیدروکسید پتاسیم	E	F	E	E	NR	E	E	E	NR	E	E	E
پرمگنات پتاسیم	E	E	G	E	E	E	E	G	-	E	E	E
پروپانول	E	E	E	E	E	E	E	NR	F	E	E	E
روغن سیلیکون	E	E	E	E	E	E	E	F	G	E	E	E
نیترات نقره (۱۰٪)	E	E	E	E	E	E	E	E	F	E	E	E
کلرید سدیم	E	E	E	E	E	E	E	E	-	E	E	E
هیدروکسید سدیم	E	E	E	E	NR	F	E	NR	NR	E	E	E
سدیم لوریل	E	E	E	E	E	E	E	E	G	E	E	E
سولفات	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
ساکارز	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
اسید سولفوریک (۱۰٪)	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
اسید سولفوریک	E	F	NR	G	NR	NR	F	NR	NR	NR	F	NR
تتراهیدروفوران	E	G	F	F	NR	NR	NR	NR	-	F	G	G
تولون	E	F	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	F	NR	NR
اسید	E	F	F	E	F	G	FF	NR	-	E	G	F

ترکیبات	FEP	FLPE	HDPE	LDPE	PC	PSF	PS	PMM A	PETG	PMP	PP	PPCO
تری کلرواستیک	E	G	E	E	NR	NR	E	E	-	-	F	-
تری اتانول آمین	E	E	E	E	G	G	E	E	E	E	E	E
سلتویون بافر تریس	E	E	E	G	F	G	E	E	E	E	E	E
توئین ۲۰	E	E	E	E	E	E	E	E	-	E	E	E
اوره (۱۰٪)	E	G	F	NR	NR	NR	NR	NR	-	F	F	F
زایلن	E	E	E	NR	NR	NR	NR	NR	E	E	E	E
سولفید روی	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E

جدول (۴-۷) سازگاری مواد شیمیایی متداول و مواد مختلف لوله. E عالی؛ F مناسب؛ G خوب؛ NR توصیه نمی‌شود.

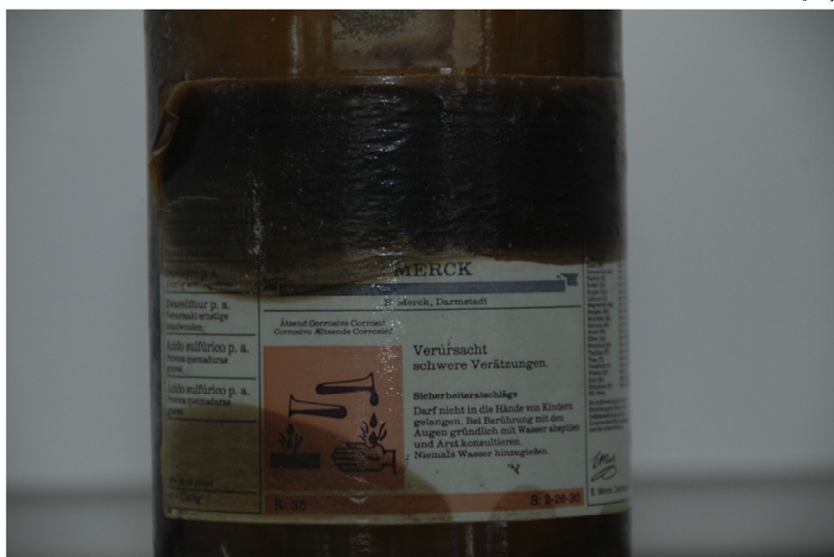
لوله‌ها						ترکیبات
PP	Silicone	FEP	PFA	PVC	PUR	
G	F	E	E	NR	NR	استالدهید
E	NR	E	E	NR	NR	اسید استیک
F	NR	E	E	NR	NR	استون
E	NR	E	E	NR	NR	استونیتیل
E	F	E	E	G	E	آلومینیوم کلراید
E	NR	E	E	G	F	آمونیاک (محلول آبی)
F	E	F	F	F	G	هیدروکسید آمونیوم
G	F	E	E	F	NR	بنزیل الکل
E	F	E	E	G	NR	بوتانل
G	NR	E	E	e	e	بوتیل اتر
E	E	E	E	E	E	هیدروکسید کلسیم
E	NR	E	E	NR	NR	اسید کلرواستیک
NR	NR	E	E	NR	NR	کلروفرم
F	NR	E	E	NR	NR	اسید کرومیک (۸۰٪)
E	E	E	E	F	G	اسید سیتریک
E	NR	E	E	NR	e	روغن ذرت
E	NR	E	E	NR	e	سیکلوهگزانول
E	E	E	E	E	E	آب مقطر
E	F	E	E	e	e	دی‌اتانول آمین
NR	NR	E	E	NR	NR	دی‌اتیل اتر
E	NR	E	E	NR	NR	دی‌متیل استات آمید
E	F	E	E	NR	NR	دی‌متیل فرمامید
E	NR	E	E	NR	NR	دی‌متیل سولفوکسید
F	NR	E	E	NR	NR	دی‌اکسان
E	F	E	E	F	NR	اتانول
E	F	E	E	e	e	اتانول آمین
E	F	E	E	NR	NR	اتیل استات

لوله‌ها						ترکیبات
PP	Silicone	FEP	PFA	PVC	PUR	
E	E	E	E	F	E	اتیلن گلیکول
E	F	E	E	E	G	اسیدهای چرب
E	F	E	E	G	e	فرمالین (۱۰٪)
E	F	E	E	F	NR	فرمالین (۳۰٪)
E	F	E	E	F	NR	فرمالین
E	F	E	E	F	NR	اسید فرمیک
E	E	E	E	F	E	گلیسرول
F	NR	E	E	NR	E	هپتان
E	E	E	E	G	F	اسید هیدروکلریک ۱ نرمال
E	NR	E	E	F	NR	اسید هیدروکلریک
E	NR	E	E	F	NR	اسید هیدروفلوئوریک
E	E	E	E	G	F	پراکسید هیدروژن (۳۰٪)
E	F	E	E	NR	NR	ید (۱۰٪)
E	E	E	E	G	NR	ایزو بوتانول
E	NR	E	E	G	NR	ایزوپروپیل الکل
E	G	E	E	G	NR	اسید لاکتیک
E	F	E	E	E	G	اسید مالیک
E	NR	E	E	G	E	جیوه
E	E	E	E	F	NR	متانول
G	NR	E	E	NR	NR	متیل اتیل کتون
E	E	E	E	F	E	روغن معدنی
E	NR	E	E	NR	G	نفتالین
NR	NR	E	E	NR	NR	اسید نیتریک
E	NR	E	E	NR	G	اسید اولئیک
E	F	E	E	F	NR	اسید اگزالیک
G	NR	E	E	NR	E	پنتان
E	NR	E	F	NR	NR	اسید پرکلریک
NR	NR	E	E	NR	NR	اتر نفت
NR	NR	E	E	F	NR	فنل
E	NR	E	E	G	NR	اسید فسفریک

لولہ‌ها						ترکیبات
PP	Silicone	FEP	PFA	PVC	PUR	
E	NR	E	E	G	G	پلی اتیلن گلیکول
E	E	E	E	E	E	کلرید پتاسیم
E	NR	E	E	F	NR	ہیدروکسید پتاسیم
E	E	E	E	G	E	پرمنگنات پتاسیم
E	E	E	E	G	NR	پروپانول
E	NR	E	E	G	E	روغن سیلیکون
E	E	E	E	E	E	نیتراٹ نقرہ (۱۰٪)
E	E	E	E	E	E	کلرید سدیم
E	NR	E	E	F	NR	ہیدروکسید سدیم
E	E	E	E	G	G	سدیم لوریل سولفات
E	E	E	E	E	E	ساکارز
E	NR	E	E	E	G	اسید سولفوریک (۱۰٪)
F	NR	E	E	NR	NR	اسید سولفوریک
G	NR	E	E	NR	NR	تتراہیدروفوران
NR	NR	E	E	NR	NR	تولون
G	NR	E	E	G	e	اسید تری کلرواستیک
F	F	E	E	e	NR	تری اتانول آمین
E	E	E	E	E	G	محلول بافر تریس
E	E	E	E	F	G	توئین ۲۰
E	E	E	E	G	G	اورہ (۱۰٪)
F	NR	E	E	NR	NR	زایلن
E	E	E	E	G	E	سولفید روی

FEP: اتیلن پروپیلن فلئوئوردار؛ PFA: پرفلوروآلکوکسی آلکان؛ PP: پلی پروپیلن؛ PUR: پلی اورتان؛ PVC:

پلی وینیل کلراید.



شکل (۴-۴) دقت کنید که برچسب‌های شما همیشه واضح باشند و لکه‌دار نشوند؛ مانند برچسبی که در اینجا نشان داده شده است. اگر چنین اتفاقی رخ داد تا زمانی که هنوز به یاد دارید ظرف حاوی چه ترکیبی / محصولی است، بلافاصله برچسب را به روزرسانی کنید (تصویر از: Sveinbjörn Gizurarson).

علائم خطر و احتیاطی کدهای H و P

علائم خطر و احتیاطی را به‌طور منظم به‌روزرسانی کنید. در این فهرست ما ترکیبی از آخرین تغییرات علائم خطر و احتیاطی (جدول (۴-۸)) را در نظر گرفته‌ایم که تعدادی از آن‌ها با علامت (*) در تغییرات اخیر GHS حذف شده‌اند و در بازنگری سال ۲۰۲۱ وجود ندارند. این‌ها به‌دلیل اینکه هنوز ممکن است چندین ظرف شیمیایی قدیمی در حال استفاده، به‌ویژه در آزمایشگاه‌های تحقیقاتی در دوره‌های زمانی مختلف وجود داشته باشند، در این فهرست گنجانده شده‌اند.



جدول (۴-۸) اعلان‌های خطر (H) و اعلان‌های احتیاطی (P) از سیستم جهانی هماهنگی طبقه‌بندی و برچسب‌گذاری مواد شیمیایی (GHS)

خطرات فیزیکی

- H200*: مواد منفجره ناپایدار
- H201*: مواد منفجره؛ خطر انفجار دسته‌جمعی
- H202*: مواد منفجره؛ خطر انتشار شدید
- H203*: مواد منفجره؛ خطر آتش‌سوزی انفجار یا انتشار
- H204: خطر آتش‌سوزی یا انتشار
- H205*: ممکن است در آتش منفجر شود.
- H206: خطر آتش‌سوزی، انفجار یا انتشار؛ اگر عامل حساسیت‌زدا کاهش یابد، خطر انفجار افزایش می‌یابد.
- H207: خطر آتش‌سوزی یا انتشار؛ اگر عامل حساسیت‌زدا کاهش یابد، خطر انفجار افزایش می‌یابد.
- H208: خطر آتش‌سوزی. اگر عامل حساسیت‌زدا کاهش یابد خطر انفجار افزایش می‌یابد
- H209: مواد منفجره
- H210: بسیار حساس
- H211: ممکن است حساس باشد.
- H220: گاز به شدت قابل اشتعال
- H221: گاز قابل اشتعال
- H222: آئروسل به شدت قابل اشتعال
- H223: آئروسل قابل اشتعال
- H224: مایع و بخار به شدت قابل اشتعال
- H225: مایع و بخار بسیار قابل اشتعال
- H226: مایع و بخار قابل اشتعال
- H227: مایع قابل احتراق
- H228: جامد قابل اشتعال
- H229: ظرف تحت فشار: در صورت گرم شدن ممکن است بترکد.
- H230: ممکن است حتی در غیاب هوا واکنش انفجاری نشان دهد.
- H231: ممکن است حتی در غیاب هوا در فشار و/یا دمای بالا واکنش انفجاری نشان دهد.
- H232: در صورت قرار گرفتن در معرض هوا ممکن است خودبه‌خود مشتعل شود.
- H240: گرمایش ممکن است باعث انفجار شود.
- H241: گرمایش ممکن است باعث آتش‌سوزی یا انفجار شود.

- H242: گرمایش ممکن است باعث آتش‌سوزی شود.
- H250: در صورت قرار گرفتن در معرض هوا خودبه‌خود آتش می‌گیرد.
- H251: خود گرمایش؛ ممکن است آتش بگیرد.
- H252: خود گرمایش در مقادیر زیاد؛ ممکن است آتش بگیرد.
- H260: در تماس با آب، گازهای قابل اشتعال آزاد می‌کند که ممکن است خودبه‌خود مشتعل شوند.
- H261: در تماس با آب، گاز قابل اشتعال آزاد می‌کند.
- H270: ممکن است باعث ایجاد یا تشدید آتش شود؛ اکسیدکننده
- H271: ممکن است باعث آتش‌سوزی یا انفجار شود؛ اکسیدکننده قوی
- H272: ممکن است آتش را تشدید کند؛ اکسیدکننده
- H280: حاوی گاز تحت فشار است؛ در صورت گرم شدن ممکن است منفجر شود.
- H281: حاوی گاز یخچالی (سرد) است؛ ممکن است باعث سوختگی یا آسیب برودتی شود.
- H282: ماده شیمیایی به شدت قابل اشتعال تحت فشار؛ ممکن است در صورت حرارت دادن منفجر شود.
- H283: ماده شیمیایی قابل اشتعال تحت فشار؛ ممکن است در صورت حرارت دادن منفجر شود.
- H284: ماده شیمیایی تحت فشار؛ ممکن است در صورت حرارت دادن منفجر شود.
- H290: ممکن است برای فلزات خوردنده باشد.

خطرات سلامتی

- H300: در صورت خوردن کشنده است.
- H301: در صورت خوردن سمی است.
- H302: در صورت خوردن مضر است.
- H303: در صورت خوردن ممکن است مضر باشد.
- H304: در صورت خوردن و ورود به مجاری تنفسی ممکن است کشنده باشد.
- H305: در صورت خوردن، و ورود به مجاری تنفسی ممکن است مضر باشد
- H310: در تماس با پوست کشنده است.
- H311: در تماس با پوست سمی است.
- H312: در تماس با پوست مضر است.
- H313: ممکن است در تماس با پوست مضر باشد.
- H314: باعث سوختگی شدید پوست و آسیب به چشم می‌شود.
- H315: باعث تحریک پوست می‌شود.
- H316: باعث تحریک خفیف پوست می‌شود.
- H317: ممکن است باعث واکنش پوستی آلرژیک شود.
- H318: باعث آسیب جدی به چشم می‌شود.



- H319: باعث تحریک جدی چشم می‌شود.
- H320: باعث سوزش چشم می‌شود.
- H330: در صورت استنشاق کشنده است.
- H331: در صورت استنشاق سمی است.
- H332: در صورت استنشاق مضر است.
- H333: در صورت استنشاق ممکن است مضر باشد.
- H334: در صورت استنشاق ممکن است علائم آلرژی یا آسم یا مشکلات تنفسی ایجاد کند.
- H335: ممکن است باعث تحریک تنفسی شود.
- H336: ممکن است باعث خواب‌آلودگی یا سرگیجه شود.
- H340: ممکن است باعث نقص ژنتیکی شود.
- H341: مشکوک به ایجاد نقص ژنتیکی
- H350: ممکن است باعث سرطان شود.
- H350i: ممکن است با استنشاق باعث سرطان شود.
- H351: مشکوک به ایجاد سرطان
- H360: ممکن است به باروری یا جنین آسیب برساند.
- H360F*: ممکن است به باروری آسیب برساند.
- H360D*: ممکن است به جنین آسیب برساند.
- H360FD*: ممکن است به باروری آسیب برساند؛ ممکن است به کودک متولد نشده آسیب برساند.
- H360Fd*: ممکن است به باروری آسیب برساند؛ مشکوک به آسیب رساندن به جنین
- H360Df*: ممکن است به جنین آسیب برساند؛ مشکوک به آسیب رساندن به باروری
- H361: مشکوک به آسیب رساندن به باروری یا جنین
- H361f*: مشکوک به آسیب رساندن به باروری
- H361d*: مشکوک به آسیب رساندن به جنین
- H361fd*: مشکوک به آسیب رساندن به باروری؛ مشکوک به آسیب رساندن به جنین
- H362: ممکن است به کودکان شیرده آسیب برساند.
- H370: باعث آسیب به اندام‌ها می‌شود.
- H371: ممکن است باعث آسیب به اندام‌ها شود.
- H372: با قرار گرفتن در معرض طولانی‌مدت یا مکرر باعث آسیب به اندام‌ها می‌شود.
- H373: ممکن است در اثر مواجهه طولانی‌مدت یا مکرر باعث آسیب به اندام‌ها شود.

خطرات محیطی

H400: برای آبزیان بسیار سمی است.

H401: برای آبزیان سمی است.

H402: برای آبریان مضر است.

H410: برای آبریان بسیار سمی با اثرات طولانی مدت

H411: سمی برای آبریان با اثرات طولانی مدت

H412: مضر برای آبریان با اثرات طولانی مدت

H413: ممکن است اثرات مضر طولانی مدت برای آبریان ایجاد کند.

H420: با از بین بردن ازن در جو، به سلامت عمومی و محیط زیست آسیب می‌رساند.

اعلان‌های احتیاطی عمومی

P101: در صورت نیاز به مشاوره پزشکی، ظرف یا برچسب محصول را در دست داشته باشید.

P102: دور از دسترس کودکان نگهداری شود.

P103: پیش از استفاده برچسب را بخوانید.

اعلان‌های احتیاطی پیشگیری

P201: *پیش از استفاده دستورالعمل‌های ویژه را دریافت کنید.

P202: *تا زمانی که تمام اقدامات احتیاطی ایمنی خوانده و درک نشده‌اند، دست نزنید.

P203: *پیش از استفاده تمام دستورالعمل‌های ایمنی را تهیه کنید، بخوانید و دنبال کنید.

P210: دور از حرارت سطوح داغ، جرقه، شعله باز و سایر منابع اشتعال نگهداری شود؛ سیگار کشیدن ممنوع

P211: روی شعله یا سایر منابع اشتعال اسپری نکنید.

P212: از گرم کردن در ظرف دربسته یا کم کردن عامل حساسیت‌زدایی شده خودداری کنید.

P220: دور از لباس و سایر مواد قابل احتراق نگهداری شود.

P221: *برای جلوگیری از مخلوط شدن با مواد قابل احتراق احتیاط کنید.

P222: اجازه تماس با هوا را ندهید.

P223: از تماس با آب خودداری کنید.

P230: به وسیله ... خیس نگه دارید.

P231: تحت گاز بی‌اثر به کار ببرید.

P232: از رطوبت محافظت کنید.

P233: درب ظرف را محکم بسته نگه دارید.

P234: فقط در ظرف اصلی نگهداری شود.

P235: خنک نگه دارید.

P236: فقط در بسته‌بندی اصلی نگهداری شود؛ تقسیم ... در وضعیت حمل و نقل

P240: ظروف زمینی/ پیوند و تجهیزات دریافت‌کننده

P241: از تجهیزات ضد انفجار [برق/ تهویه/ روشنایی/ ...] استفاده کنید.

P242: فقط از ابزارهای بدون جرقه استفاده کنید.

- P243: اقدامات احتیاطی در برابر تخلیه الکتریسیته ساکن انجام دهید.
- P244: شیرها و اتصالات را عاری از روغن و گریس نگه دارید.
- P250: در معرض سایش / ضربه / اصطکاک / ... قرار نگیرد.
- P251: حتی پس از استفاده از سوراخ کردن یا سوزاندن خودداری کنید.
- P260: گردوغبار / دود / گاز / مه / بخار / اسپری را تنفس نکنید.
- P261: از تنفس گردوغبار / دود / گاز / غبار / بخار / اسپری خودداری کنید.
- P262: به چشم، پوست یا لباس وارد نشود.
- P263: از تماس در دوران بارداری / شیردهی خودداری کنید.
- P264: ... را به طور کامل پس از دست زدن بشویید.
- P265: چشم‌ها را لمس نکنید.
- P270: هنگام استفاده از این محصول از خوردن، آشامیدن یا سیگار کشیدن خودداری کنید.
- P271: فقط در فضای باز یا در یک منطقه با تهویه مناسب استفاده کنید.
- P272: لباس کار آلوده نباید از محل کار خارج شود.
- P273: از انتشار به محیط خودداری کنید.
- P280: از دستکش محافظ / لباس محافظ / محافظ چشم / محافظ صورت استفاده کنید.
- P281*: در صورت لزوم از تجهیزات حفاظت فردی استفاده کنید.
- P282: از دستکش، عایق سرد / محافظ صورت / محافظ چشم استفاده کنید.
- P283: لباس‌های مقاوم در برابر آتش یا ضد شعله بپوشید.
- P284: [در صورت تهویه ناکافی] از محافظ تنفسی استفاده کنید.
- P285*: در صورت تهویه ناکافی از محافظ تنفسی استفاده کنید.

به اعلان‌های احتیاطی پاسخ دهید

- P301: در صورت خوردن:
- P302: اگر روی پوست باشد:
- P303: در صورت، روی پوست (یا مو):
- P304: در صورت استنشاق:
- P305: اگر در چشم بود:
- P306: اگر با لباس هستید:
- P307: در صورت قرار گرفتن در معرض:
- P308: در صورت مواجهه یا نگرانی:
- P309*: در صورت قرار گرفتن در معرض یا اگر احساس ناراحتی می‌کنید.
- P310*: فوراً با مرکز مسمومیت یا پزشک تماس بگیرید.
- P311*: با مرکز مسمومیت یا پزشک / ... تماس بگیرید

- P312*: با مرکز مسمومیت یا پزشک / ... تماس بگیرید، اگر احساس ناخوشی می‌کنید.
- P313*: مشاوره پزشکی دریافت کنید.
- P314*: در صورت احساس ناخوشی مشاوره پزشکی دریافت کنید.
- P315*: مشاوره فوری پزشکی دریافت کنید.
- P316: فوراً کمک پزشکی دریافت کنید.
- P317: کمک پزشکی دریافت کنید.
- P318: در صورت مواجهه یا نگرانی مشاوره پزشکی دریافت کنید.
- P319: در صورت احساس ناخوشی کمک پزشکی دریافت کنید.
- P320: درمان خاص فوری است (به ... در این برچسب مراجعه کنید).
- P321: درمان خاص (به ... در این برچسب مراجعه کنید).
- P322*: اقدامات خاص (به ... در این برچسب مراجعه کنید).
- P330: دهان را بشویید.
- P331: استفرغ را تحریک نکنید.
- P332: اگر تحریک پوست رخ دهد:
- P333: اگر تحریک یا بثورات پوستی رخ دهد:
- P334: در آب خنک غوطه‌ور کنید [یا در باندهای مرطوب بپیچید].
- P335: ذرات را از روی پوست پاک کنید.
- P336: قسمت‌های مات‌شده را با آب ولرم ذوب کنید. مناطق آسیب‌دیده را مالش ندهید.
- P337: اگر سوزش چشم ادامه یابد:
- P338: لنزهای تماسی را در صورت وجود و انجام آسان بردارید. به شست‌وشو ادامه دهید.
- P340: مصدوم را به هوای تازه ببرید و در وضعیتی که برای تنفس راحت است، قرار دهید.
- P341*: اگر تنفس دشوار است، مصدوم را به هوای تازه ببرید و در وضعیتی که برای تنفس راحت است، قرار دهید.
- P342: در صورت مشاهده علائم تنفسی:
- P350*: به آرامی با آب و صابون فراوان بشویید.
- P351: چند دقیقه با احتیاط با آب بشویید.
- P352: شست‌وشو با آب فراوان / ...
- P353: پوست را با آب [یا دوش] بشویید.
- P354: فوراً چند دقیقه با آب بشویید.
- P360: بلافاصله پیش از درآوردن لباس‌ها، لباس و پوست آلوده را با آب فراوان بشویید.
- P361: بلافاصله تمام لباس‌های آلوده را درآورید.
- P362: لباس‌های آلوده را دریاورید.

- P363: لباس‌های آلوده را پیش از استفاده مجدد بشویید.
- P364: و پیش از استفاده مجدد آن را بشویید
- P370: در صورت آتش‌سوزی
- P371: در صورت آتش‌سوزی بزرگ و مقادیر زیاد
- P372: خطر انفجار
- P373: هنگامی که آتش به مواد منفجره می‌رسد، با آتش مقابله نکنید.
- P374*: با اقدامات احتیاطی معمولی از فاصله معقول با آتش مقابله کنید.
- P375: به دلیل خطر انفجار از راه دور آتش را مهار کنید.
- P376: در صورت امن بودن نشت را متوقف کنید.
- P377: آتش نشت گاز: خاموش نکنید، مگر اینکه نشت را بتوان با خیال راحت متوقف کرد.
- P378: برای خاموش کردن از ... استفاده کنید.
- P380: منطقه را تخلیه کنید.
- P381: در صورت نشتی تمام منابع احتراق را حذف کنید.
- P390: برای جلوگیری از آسیب به مواد نشت را جذب کنید.
- P391: ماده نشت‌شده را جمع کنید.

اعلان‌های احتیاطی ذخیره‌سازی

- P401: مطابق با ... نگهداری شود.
- P402: در جای خشک نگهداری شود.
- P403: در مکانی با تهویه مناسب نگهداری شود.
- P404: در ظرف در بسته نگهداری شود.
- P405: در ظرف بسته نگهداری شود.
- P406: در یک محیط مقاوم در برابر خوردگی نگهداری شود؛ ظرف با آستر داخلی مقاوم.
- P407: فاصله هوا را بین پشته‌ها یا پالت‌ها حفظ کنید.
- P410: از نور خورشید محافظت کنید.
- P411: در دمایی که بیشتر از ... درجه سانتی‌گراد/ ... درجه فارنهایت نباشد، نگهداری نکنید.
- P412: در معرض دمای بیش از ۵۰ درجه سانتی‌گراد/ ۱۲۲ درجه فارنهایت قرار نگیرید.
- P413: توده‌های حجیم را بیشتر از ... کیلوگرم/ ... پوند در دمایی که بیشتر ... درجه سانتی‌گراد/ ... درجه فارنهایت نباشد، نگهداری نکنید.
- P420: جداگانه ذخیره شود.
- P422*: محتویات را در زیر ... ذخیره کنید.

اعلان‌های احتیاطی دفع

- P501: محتویات/ ظرف را در ... دفع کنید.
- P502: برای اطلاعات درباره بازیابی یا بازیافت، به سازنده یا تأمین‌کننده مراجعه کنید.
- P503: برای اطلاعات درباره دفع/ بازیابی/ بازیافت به سازنده/ تأمین‌کننده مراجعه کنید.

D اثر بر روی کودک متولد نشده. F تأثیر بر باروری.

(با اجازه سازمان ملل اینجا منتشر شده است).

فصل پنجم:

خطرات زیستی

مقدمه

آزمایشگاه‌هایی که در آن افراد با مخاطرات زیستی کار می‌کنند، نیاز به برآورد الزامات سخت‌گیرانه ایمنی دارند. ما نمی‌خواهیم هیچ میکروبی به داخل محیط آزمایشگاه وارد شود و احتمالاً بیماری را گسترش دهد. این مورد شامل آزمایشگاه‌هایی می‌شود که در آن‌ها دانشجویان، دانشمندان یا محققان با میکروب‌هایی مانند ارگانیس‌م‌های جهش‌یافته ژنتیکی یا نمونه‌های بیولوژیکی کار می‌کنند. اکثر کشورها قوانین و مقررات خاصی برای این نوع آزمایشگاه‌ها دارند که سایر آزمایشگاه‌ها نیازی به آن ندارند. از آنجاکه تمامی نمونه‌های موجود در این آزمایشگاه‌ها بیولوژیکی هستند و ممکن است باعث ایجاد عفونت و آسیب به کارکنان شاغل در آنجا شوند، این امکانات باید به‌شدت تحت نظارت باشند و دسترسی محدود به این آزمایشگاه‌ها ضروری است. اگر مشکلی پیش بیاید، می‌تواند در نتایج تأثیرگذار باشد و حتی به جامعه کشیده شود. موارد زیر به‌عنوان خطرات زیستی بالقوه در نظر گرفته می‌شوند: میکروب‌ها مانند باکتری‌ها، ویروس‌ها، انگل‌ها، پرپون‌ها و قارچ‌ها (هر دو گونه‌های وحشی و/یا اصلاح‌شده ژنتیکی)، تمام مواد بیولوژیکی به‌ویژه نمونه‌های انسانی و همچنین آلرژن‌ها و سموم. همچنین ما در این دسته مواد ژنتیکی (DNA و RNA) و مواد پردازش‌شده از مواد بیولوژیکی مانند گیاهان، حیوانات یا انسان‌ها را داریم.

با تمام نمونه‌های بیولوژیکی اعم از میکروب‌های جداشده، نمونه خون، سواپ یا نمونه بافت باید با نهایت دقت کار شود و با همه آن‌ها طوری رفتار کنید که انگار به یک ویروس بسیار مسری آلوده شده‌اند. نمونه‌هایی مانند خون، مایع آمنیوتیک، مایع سینوویال، مایع نخاعی،

مخاط دهانه رحم، مایع منی و مایعات اطراف قلب و سایر اندام‌ها نمونه‌هایی از مایعات بدن محسوب می‌شوند و باید به همین ترتیب با آن‌ها رفتار شود. با سایر نمونه‌های بیولوژیکی مانند بزاق، مدفوع، ادرار، استفراغ، اشک، عرق و مخاط دستگاه تنفسی نیز باید با نهایت احتیاط رفتار شود، گویی که حاوی یک ویروس بسیار مسری هستند.

راه‌های زیادی برای انتقال در آزمایشگاه وجود دارد. هنگام کار با نمونه ممکن است قطرات کوچک وارد هوا شوند. غبار یا ذرات میکرو یا نانو می‌توانند به صورت ذرات آئروسول شده و در محیط پراکنده شوند. زمانی که عفونت رخ دهد، در اغلب موارد علت آن، حادثه و/یا بی‌احتیاطی یا سهل‌انگاری است. برخی از عفونت‌ها ناشی از استنشاق غبار یا قطرات آئروسول شده هستند که می‌توانند در حین اختلاط نمونه‌ها هنگامی که درپوش بطری باز می‌شود یا زمانی که نمونه‌ها از سانتریفیوژ خارج می‌شوند، تشکیل شوند. این ذرات یا آئروسول‌ها می‌توانند روی سطوحی که ممکن است افراد لمس کنند، قرار بگیرند و در نتیجه منجر به آلوده شدن پژوهش‌گر شوند. سایر مسیرهای انتقال می‌تواند به حادثه‌ای مانند برخورد با سوزن (نیدل استیک)، نیش حیوانات (برای مثال، کار در مزرعه)، خراش ناشی از ظروف شیشه‌ای یا حوادث مرتبط با نشت نمونه مربوط باشد؛ بنابراین، پوشیدن دستکش، روپوش آزمایشگاهی و ماسک همیشه هنگام کار در این محیط‌ها مهم است.

شیوه‌های کاری مناسب، پیروی از پروتکل‌های مناسب و هوشیاری، مهم‌ترین راه‌های پیشگیری از عفونت هستند. مرکز کنترل بیماری‌های ایالات متحده^۱ (CDC) تخمین می‌زند هر ساله حدود ۳۸۰۰۰۰ مورد زخم‌های ناشی از برخورد با سوزن در آزمایشگاه‌ها ایجاد می‌شود، اما تمام این حوادث منجر به عفونت نمی‌شوند. شایع‌ترین راه انتقال عفونت بین کارکنان آزمایشگاه‌ها به دلیل حوادثی مانند موارد ذیل است: سوراخ شدن با سوزن، پاشش نمونه‌ها روی پوست، آلوده شدن غشای مخاطی (بینی، دهان یا چشم) با قطرات آلوده. توجه داشته باشید قطرات آئروسول ممکن است هنگام باز شدن درب بطری‌ها یا هنگام برداشتن نمونه از لوله‌ها ایجاد شوند.

1. Center for Disease Control

دانشجویان مقطع کارشناسی مبتلا به عفونت^۱

دو دانشجوی ۲۰ ساله از پایتخت استرالیا با سابقه سه‌روزه استفراغ، گرفتگی عضلات شکم و اسهال آبکی به بخش اورژانس مراجعه کردند. آن‌ها در بیمارستان بستری شدند و با مایعات داخل‌وریدی و آنتی‌بیوتیک‌های خوراکی تحت درمان قرار گرفتند. نمونه مدفوع از نظر سالمونلا انتریکا و سالمونلا تیفی‌موریوم مثبت بود. هر دو دانشجو دو هفته پیش از شروع علائم، در یک دوره کارشناسی میکروبیولوژی در دانشگاهی در کانبرا شرکت کرده بودند. هر دو بیمار بهبود یافته و پس از درمان ترخیص شدند.

هنگام کار با خطرات احتمالی همیشه ذهن خود را معطوف کار کنید.

۱. این مورد از: T.S.; Experimenting at Uni: Salmonella in laboratory students. Commun. Dis. Intell.

38. 2018, 43, <https://doi.org/10.33321/cdi.2019.43.38>, استخراج شده است.

شستن دست‌ها

استفاده از دستکش و شستن دست‌ها مهم‌ترین روش حفاظت فردی در آزمایشگاه است. ضدعفونی کردن دستکش و به‌دنبال آن شستن دست‌ها هنگام خروج از آزمایشگاه، حتی اگر تمام مدت دستکش به دست داشته‌اید، یک روش صحیح است. پوشیدن دستکش باید اولین کاری باشد که در بدو ورود به آزمایشگاه انجام می‌دهید و هرگز آن‌ها را در نیاورید. برای برخی از آزمایشگاه‌ها حتی ممکن است بهتر باشد درست پیش از ورود به آزمایشگاه دستکش را بپوشید. در آوردن دستکش باید یکی از آخرین کارهایی باشد که هنگام خروج از آزمایشگاه انجام می‌دهید. پیش از دست زدن به هر چیزی به‌خصوص صورت و لباس، پیش از رفتن به دستشویی، خوردن، نوشیدن یا هر کار دیگری دستکش‌های خود را در آورید و دست‌های خود را بشوید.

شستن دقیق دست‌ها شامل استفاده از صابون است (شکل (۵-۱)). آب و صابون مایع به‌طور قابل‌توجهی احتمال انتقال خطرات زیستی بالقوه‌ای را که ممکن است روی دستان شما باقی‌مانده باشد یا هنگام در آوردن دستکش به دستان شما منتقل شده باشد، کاهش می‌دهند

(شکل ۵-۲). هنگامی که با مخاطرات زیستی ویژه کار می‌کنید، استانداردهای بالاتری باید رعایت شود که اغلب شامل استفاده از ضدعفونی‌کننده‌ها برای اطمینان از حذف میکروب‌های احتمالی روی روپوش و دستکش شما است. محقق هنگام کار با میکروب‌های مضر مانند ویروس SARS-CoV-2 باید از یک محافظ کامل استفاده کند تا از تمام پوست و سطوح مخاطی که ممکن است در معرض میکروب قرار گیرد، محافظت کند.

ویروس دنگی اکتسابی آزمایشگاهی^۱

در آگوست ۲۰۱۸ یکی از کارکنان آزمایشگاه با ابتلا به دنگی بستری شد. او سفری به مناطق شیوع ویروس نداشته؛ بنابراین، از آزمایشگاه وی با بررسی پروتکل‌های ایمنی و سایر الزامات بازدید صورت گرفت. بیمار یک جفت دستکش نیتریل، محافظ چشم، روپوش آزمایشگاهی، و گفش‌های روبسته در حین کار با یک نمونه عفونی پوشیده بود و زیر هود بیولوژیکی کالیبره کار می‌کرد. هنگام مصاحبه با این بیمار، او گزارش داد که در طول تولید و تخلیص ویروس، اغلب نشت‌های کوچک رخ داده است. در هنگام نشت بیمار دستکش‌ها را عوض نمی‌کرد، اما گاهی اوقات اقدام به ضدعفونی سطحی دستکش می‌کرد. او پس از درآوردن دستکش، در شستن دست‌ها دقت نکرده بود.

علاوه‌براین، بیمار در انگشت حلقه دست چپ زخمی داشت که عفونی و دارای ترشح بود. او پیش از پوشیدن دستکش زخم را نهوشانده بود. هنگامی که از بیمار خواسته شد نشان دهد چگونه دستکش‌هایش را درآورده است، مشخص شد که یا احتمالاً انگشت خود را آلوده کرده باشد، یا به‌طور غیر ارادی سطح مخاطی بینی یا دهان را لمس کرده یا سطح مخاطی را با آستین روپوش آزمایشگاهی لمس کرده باشد.

۱. این مورد از: Sharp, T.M.; Fisher, T.G.; Long, K.; Coulson, G.; Medina, F.A.; Herzig, C.; Koza, M.B.; Muñoz, M.B.؛

Jordán, J.; Paz-Bailey, G.; Moore, Z.; Williams, C.; Laboratory acquired dengue virus infection, United States,

Emerg. Infect. Dis. 2020, 26 (7), 1534e1537 استخراج شده است.

چطور دست‌هایمان را بشوریم؟

دست‌ها را در صورت کثیف بودن بشویید! در غیر این صورت از دستمال استفاده کنید.

طول مدت زمان شستن دست‌ها: ۴۰ تا ۶۰ ثانیه.



دست‌ها را با آب بشویید.



از صابون به مقدار کافی استفاده کنید تا تمام سطوح دست را بپوشاند.



کف دست راست را روی پشت دست چپ با انگشتان درهم و بالعکس بمالید



کف دست راست را روی پشت دست چپ با انگشتان درهم و بالعکس بمالید.



کف دست‌ها را به هم با انگشتان در هم آمیخته بمالید



با انگشتان به هم قفل شده، انگشتان را به کف دست‌های مقابل برگردانید.



انگشت شست دست چپ با دست راست و برعکس را به صورت چرخشی مالش دهید



انگشتان دست راست را به هم چسبانده و در کف دست چپ به سمت عقب و جلو و بالعکس به صورت چرخشی بمالید.



دست‌ها را با آب بشویید.



دستها را با حوله یکبار مصرف کاملاً خشک کنید.



از حوله برای بستن شیر آب استفاده کنید.



اکنون دستان شما ایمن هستند.

شکل (۵-۱) دستورالعمل‌های سازمان بهداشت جهانی برای شستن صحیح دست‌ها (منبع: سازمان بهداشت جهانی).



شکل (۵-۲) نواحی درخشان، پوست آلوده را پس از درآوردن دستکش نشان می‌دهد (تصویر از: Benjamin Ragnar Sveinbjörnsson).

تمرین

بهتر است به افراد آموزش داده شود تا دستکش‌های خود را بدون آلودگی درآورند. این کار را می‌توان با استفاده از مایع / پودری که در زیر نور UV می‌درخشد، انجام داد و از آن‌ها بخواهید مایع / پودر را به تمام قسمت‌های دستکش بمالند و بعد دستکش‌ها را درآورند. سپس برای بررسی اینکه آیا قسمتی از دست آن‌ها به مایع / پودر قابل مشاهده با UV آلوده شده است یا خیر، لامپ UV را روشن کنید. مناطقی که معمولاً آلوده می‌شوند، عبارتند از: انگشتان دست و درست زیر کف دست (شکل (۵-۲)).

آزمایشگاه ایمنی بیولوژیکی

محیط کار را پیش از شروع کار و مجدداً پس از اتمام کار باید ضد عفونی کنید. این کار باید در ابتدا برای حفظ نمونه‌هایی که با آن‌ها کار می‌کنید و در پایان برای تمیز نگه داشتن محیط کار و کاهش احتمال عفونت انجام شود. کلیه ابزارهای کاربردی (قیچی، پنس و غیره) در این آزمایشگاه‌ها هم پیش از استفاده و هم پس از استفاده از آن‌ها باید ضد عفونی، تمیز و دوباره استریل شوند. تجهیزاتی مانند سانتریفیوژها باید به‌طور منظم با مواد ضد عفونی‌کننده تمیز شوند تا اطمینان حاصل شود که هیچ آلودگی بین نمونه‌ها وجود ندارد و همچنین از کارکنان در برابر عفونت محافظت شده است. پروتکل زیر باید در آزمایشگاه‌ها رعایت شود:

✓ تمام ابزارهایی که با مخاطرات زیستی در تماس هستند، باید ضد عفونی و استریل شوند.

✓ تمام کابینت‌ها، یخچال‌ها و فریزرهایی که برای نگهداری این نمونه‌ها استفاده می‌شوند، باید به‌خوبی برچسب‌گذاری شده و به‌طور مرتب ضد عفونی شوند.

✓ نمونه‌هایی که در سانتریفیوژ قرار می‌گیرند، باید محکم بسته شده و به گونه‌ای باشند که خطر آلودگی از نمونه به حداقل برسد.

✓ ویال‌های نمونه با درپوش‌های لاستیکی باید با دقت باز شوند، به‌طوری‌که قطرات به فردی که ویال را در دست دارد، منتقل نشود.

- ✓ استفاده از دهان برای نمونه برداری اکیداً ممنوع است. پیپت‌های کافی باید در تمام محل‌های کار موجود باشد.
- ✓ با دستکش موهای خود را درست نکنید، بینی خود را نخارانید، چشمان خود را لمس نکنید یا هر کار دیگری را با دستکش انجام ندهید. قسمت بیرونی دستکش هرگز نباید پوست شما را لمس کند.
- ✓ از گذاشتن رژ لب یا سایر لوازم آرایش در داخل آزمایشگاه خودداری کنید.
- ✓ شما باید بدانید که ایستگاه‌های شست‌وشوی چشم و دوش‌های اضطراری در کجا واقع شده‌اند.

کلاس‌های خطر

میکروب‌ها بسته به خطری که می‌توانند برای انسان ایجاد کنند، به کلاس‌های خطر طبقه‌بندی می‌شوند. برخی از میکروب‌ها به ندرت یا هرگز باعث عفونت نمی‌شوند، درحالی‌که برخی دیگر حتی در مقادیر ریز قطرات (آئروسل)، تهدیدکننده حیات هستند. انواع و سویه‌های مختلف ویروس‌ها، باکتری‌ها و قارچ‌ها به چهار کلاس طبقه‌بندی شده‌اند (به جدول (۵-۱) مراجعه کنید). همین‌طور آزمایشگاه‌هایی که برای کار با این میکروب‌ها مجاز هستند نیز، به چهار سطح ایمنی زیستی (BSL-1، BSL-2، BSL-3 و BSL-4) طبقه‌بندی می‌شوند (شکل (۵-۳)).

آزمایشگاه‌های BSL-1

در این آزمایشگاه کار با میکروب‌هایی که بی‌ضرر هستند یا احتمال ایجاد عفونت آن‌ها برای انسان بسیار پایین است، مجاز می‌باشد. برای کار در آزمایشگاه‌های BSL-1 به آموزش‌های اولیه BSL-1 و آموزش عملی نیاز دارید. آموزش عمومی در برخورد با مخاطرات زیستی توصیه می‌شود. همچنین مهم است که فردی با تجربه کار در BSL-1 همه دانشجویان یا کارکنان



جدیدالورود را هنگام شروع کار راهنمایی کند تا از هرگونه اشتباه جلوگیری شود. دستورالعمل‌های زیر باید در آزمایشگاه‌های BSL-1 به کار برده شوند:

- ✓ محل کار باید صاف باشد و به راحتی تمیز شود.
- ✓ یک ایستگاه شست‌وشوی دست باید وجود داشته باشد. دست‌ها باید با صابون شسته شوند. در صورت آلوده شدن فوراً دست‌ها را بشویید و ضدعفونی کنید.

جدول (۵-۱) میکروب‌ها بسته به شدت عفونت، خطر بیماری همه‌گیر و روش‌های درمانی طبقه‌بندی می‌شوند. در اینجا فهرستی از باکتری‌ها، انگل‌ها، قارچ‌ها، ویروس‌ها و پریون‌هایی که در کلاس‌های (۳) و (۴) هستند، آمده است.

دسته‌بندی	باکتری
3	باسیلوس آنتراسیس
3	بروسلا آبورئوس
3	بروسلا ملیتینسیس
3	بروسلا سوئیس
3	بورخولدريا مالئی (سودوموناس مالئی)
3	بورخولدريا سودومالئی (سودوموناس سودومالئی)
3	کلامیدیا پسیتاسی
3	کوکسیلا بورنتی
3	اشريشيا کلي مانند O103 O157:H7 و ...
3	فرانسیسلا تولارنسیس (نوع A)
3	مایکوباکتریوم آفریقایی
3	مایکوباکتریوم بوویس (جزء سویه BCG)
3	مایکوباکتریوم لپره
3	مایکوباکتریوم میکروتی

3	مایکوباکتریوم توبرکلوزیس
3	مایکوباکتریوم اولسرانس
3	ریکتزیا آکاری
3	ریکتزیا کانادا
3	ریکتزیا کونوری
3	ریکتزیا مونتاننا
3	ریکتزیا تیفی (ریکتزیا موسری)
3	ریکتزیا پروواژکی
3	ریکتزیا ریکتسی
3	ریکتزیا تسوتسوگاموشی
3	سالمونلا تیفی
3	شیگلا دیسنتری (نوع ۱)
3	یرسینیا پستیس
انگل	
دسته بندی	
3	اکینوکوکوس گرانولوزوس
3	اکینوکوکوس مولتی لوکولاریس
3	اکینوکوکوس فوگلی
3	لیشمانیا برازیلینسیس
3	لیشمانیا دونوانی
3	ناگلریا فاولری
3	پلاسمودیوم فالسیپاروم (مالاریا)
3	تانیا سولیوم
3	تریپانوزوما بروسی رودسنس ۳
3	تریپانوزوما کروز

دسته بندی	قارچ
3	بلاستومیسس درماتیتیدیس (اجلومیسس درماتیتیدیس)
3	کلادوفیالوفورا بانتیانا (عنوان های شناخته شده پیشین: زیلوهیفا بانتیانا)
3	کلادوسپوریوم بانتیانوم یا تریکودها)
3	کوکسیدیویدس ایمیتیس
3	هیستوپلاسما کپسولاتوم انواع کپسولاتوم (اجلومیسس کپسولاتوم)
3	هیستوپلاسما کپسولاتوم دوبوئی
3	پاراوکوکسیدیویدهای برزلی
دسته بندی	ویروس آرنا ویریده
3	آنسفالیت ویروسی
3	فلکسال
4	گواناریتو
4	ویروس جونین
4	تب لاسا
4	ویروس ماچوپو
4	سابیا
بونیا ویریده	
3	بلغراد (همچنین به عنوان دوبراوا نیز شناخته می شود)
3	ویروس اوروچ
3	سین نوبره (قبلاً به نام مورتو کنیون شناخته می شد)
کالیزی ویریده	
3	هپاتیت E

4	ویروس ابولا
4	ویروس ماربورگ

3	آنسفالیت استرالیایی (آنسفالیت دره مورای)
3	آبستاروف
3	ویروس دنگی نوع ۱ تا ۴
3	هانزالوا
3	هپاتیت C
3	هپاتیت G
3	آنسفالیت ژاپنی نوع B
3	کوملینگ
3	جنگل کیاسانور
3	ویروس لوپینگ ایل
3	ویروس تب خونریزی دهنده امسک
3	ویروس آنسفالیت پواسان
3	آنسفالیت ویروسی روسیو
3	ویروس آنسفالیت بهار - تابستان روسی
3	آنسفالیت سنت لوئیس
3	آنسفالیت منتقل شونده از کنه (آنسفالیت اروپای مرکزی)
3	ویروس وزلس برون
3	ویروس نیل غربی
3	تب زرد



فلبو ویروس

3	بیماری دره ریفت
---	-----------------

هانتا ویروس

3	هانتان (تب خونریزی دهنده کره‌ای)
3	سولویرا

هپادنا ویریده

3	هپاتیت B
3	هپاتیت D

هرپس ویریده

3	ویروس هرپس سیمپلکس
---	--------------------

نایرو ویروس

4	تب خونریزی دهنده کریمه - کنگو
---	-------------------------------

پاکس ویریده

3	ویروس آبله میمون
4	اورتو پاکس ویروس
4	پارا پاکس ویروس
4	Smallpox (ویروس واریولا)
4	ویروس واکسینیا

رترو ویریده

3	ویروس‌های سرکوب کننده سیستم ایمنی
3	ویروس‌های سلول T مانند HTLV نوع ۱ و ۲
3	ویروس SIV

رابدو ویریده

3	ویروس هاری
---	------------

توگا ویریده

3	ویروس آنسفالیت اسبی شرقی (بیماری خواب)
3	ویروس چیکونگونیا
3	ویروس اورگلیدز
3	ویروس مایارو
3	ویروس موکامبو
3	ویروس دوما
3	ویروس تونیت
3	ویروس آنسفالیت اسبی ونزوئلایی
3	ویروس آنسفالیت اسبی غربی

تورو ویروس‌ها

4	کرونا ویروس انسانی (مانند 229E, OC43, HKU1, NL63)
4	کرونا ویروس سندرم حاد تنفسی شدید (SARS-CoV-2)

ویروس‌های طبقه‌بندی نشده

3	هپاتیت (طبقه‌بندی نشده)
4	موربیلی ویروس اسبی

پریون‌ها

3	آنسفالوپاتی اسفنجی شکل گاوی
3	بیماری کروتزفلد جاکوب
3	سندرم Gerstmann-Straeussler-Scheinker
3	کورو
3	واریانت‌های بیماری کروتزفلد - جاکوب



شکل (۵-۳) علامت خطر زیستی

- ✓ تجهیزات حفاظت فردی مانند روپوش آزمایشگاهی، دستکش و ماسک مورد نیاز است. هرگز تجهیزات حفاظت فردی استفاده شده در داخل BSL-1 خارج از آزمایشگاه را به کار نبرید.
- ✓ اگر خراش یا زخمی دارید، به خوبی با باند بپوشانید.
- ✓ مواد ضد عفونی کننده مناسب باید به راحتی در آزمایشگاه در دسترس باشند.
- ✓ محل کار باید پس از استفاده تمیز و ضد عفونی شود.
- ✓ در صورت آلودگی کل منطقه باید ضد عفونی شود.
- ✓ ظروف شیشه ای و سایر ابزارهای مورد استفاده باید شسته، ضد عفونی و استریل شوند.
- ✓ کار به طور کلی باید در یک کابینت ایمنی بیولوژیکی (BSC) کلاس I انجام شود تا پراکندگی نمونه محدود شود. تمام پسماندها باید به درستی در کیسه بسته بندی و ضد عفونی شوند؛ برای مثال، با استفاده از اتوکلاو.
- ✓ تمام پسماندها باید به ظروف ایمن و در بسته منتقل شوند.

آزمایشگاه های BSL-2

در آزمایشگاه های BSL-2 مجاز به کار با میکروب هایی هستند که می توانند باعث عفونت در انسان شوند، اما بعید است که منجر به اپیدمی شوند.

تماس با نمونه های آلوده به ندرت باعث عفونت می شود و در صورت وقوع، درمان یا پیشگیری مناسبی وجود دارد. نمونه هایی از میکروب های این دسته عبارتند از: سالمونلا، ویروس سرخک و توکسوپلاسما. هیچ کس مجاز به کار در این آزمایشگاه ها نیست، مگر اینکه

پس از پیوستن به آزمایشگاه، آموزش BSL-2 را دریافت کرده باشد، آموزش عملی برای کار در BSL-2 دیده باشد و سالانه برنامه‌ها و روش‌های ایمنی آزمایشگاه را بررسی کند و همچنین یک دوره آموزش عمومی درباره مدیریت مخاطرات زیستی را طی کند. علاوه بر الزامات یادشده برای BSL-1، موارد زیر باید اضافه شود:

- ✓ دسترسی به آزمایشگاه باید محدود به افرادی باشد که آموزش‌های مناسبی دیده‌اند و مجوز کار در آنجا را دارند. افراد دیگر مانند مهمانان اجازه حضور در آزمایشگاه را ندارند.
- ✓ یک ایستگاه شست‌وشوی دست باید در خروجی آزمایشگاه موجود باشد. شیرآلات باید به گونه‌ای باشند که کنترل آن‌ها بدون تماس مستقیم امکان‌پذیر باشد.
- ✓ اتوکلاوها باید برای استریل کردن پسماندهای آلوده در دسترس باشند.
- ✓ در صورت امکان باید از به کارگیری سرنگ سوزن یا سایر اشیاء تیز اجتناب کرد. این اقدام باید در ظروف مناسب نگهداری شوند تا از خطر بریدگی یا سوراخ شدن جلوگیری شود. سعی نکنید سوزن‌ها را پس از استفاده سرپوش گذاری کنید، بلکه آن‌ها را در ظروف جمع‌آوری پسماندهای نوک‌تیز دفع کنید. سوزن‌ها را هرگز نباید با دست خود خم یا با بی‌احتیاطی با آن‌ها کار کنید.
- ✓ تجهیزات حفاظت فردی در نظر گرفته‌شده برای BSL-2 باید جدا از سایر تجهیزات حفاظت فردی نگهداری شوند. در حالت ایدئال روپوش‌های آزمایشگاهی باید آستین‌های بلندی داشته باشند و قسمت جلویی آن‌ها همیشه باید به‌طور کامل با دکمه بسته شوند.
- ✓ کار باید در BSC کلاس II انجام شود تا پراکندگی نمونه محدود گردد.

آزمایشگاه‌های BSL-3

آزمایشگاه‌های BSL-3 برای کار با میکروب‌هایی طراحی شده‌اند که می‌توانند باعث عفونت‌های جدی در افراد شوند. همچنین احتمال دارد این میکروب‌ها گسترش یابند و منجر به اپیدمی شوند، اما درمان و روش‌های پیشگیرانه در دسترس هستند. نمونه‌هایی از پاتوژن‌های BSL-3 عبارتند از: سل (مایکوباکتریوم توبرکلوزیس)، جذام (مایکوباکتریوم لپره)،



سیاه‌زخم (باسیلوس آنتراسیس)، هپاتیت B و ویروس ایدز (HIV). هرگونه تماسی با نمونه نیاز به پاسخ و درمان فوری دارد. هیچ‌کس اجازه ورود به این آزمایشگاه‌ها را ندارد، مگر اینکه آموزش BSL-3 و آموزش عملی برای کار در آن را گذرانده باشد، سالانه برنامه‌ها و روش‌های ایمنی آزمایشگاه را بررسی کند، و همچنین آموزش‌های پیشرفته در برخورد با مخاطرات زیستی را دیده باشد. علاوه بر الزامات یادشده برای BSL-1 و BSL-2، موارد زیر باید اضافه شوند:

- ✓ طراحی آزمایشگاه باید به‌گونه‌ای باشد که امکان ضدعفونی تمام سطوح از جمله دیوارها، کف و سقف از طریق بخار وجود داشته باشد. تمام پنجره‌ها باید بسته و محکم باشند.
- ✓ در صورت امکان آزمایشگاه باید از تمامی مسیرهای تردد جدا شود. درب‌های محل کار باید همیشه به‌طور ایمن قفل شوند و تنها دسترسی باید از طریق دو درب باشد؛ جایی که می‌توانید پیش از ورود به BSL-3 و هنگام خروج از آن لباس‌های خود را تعویض کنید.
- ✓ ورودی BSL-3 باید با علامت خطر «خطرات بیولوژیکی» به‌خوبی مشخص شود.
- تمام کارها باید در BSC کلاس II با فیلترهای HEPA انجام شود.
- ✓ در این آزمایشگاه باید از روپوش مخصوص آزمایشگاهی استفاده شود. در حالت ایدئال این روپوش‌های آزمایشگاهی باید رنگ متفاوتی نسبت به سایر روپوش‌های آزمایشگاهی مورد استفاده در جاهای دیگر داشته باشند.
- ابزارهای مورد استفاده در BSL-3 در جای دیگری قابل استفاده نیستند. شما نمی‌توانید تجهیزات را با آزمایشگاه‌های دیگر مانند یخچال، فریزر، سانتریفیوژ، PCR، ELISA Reader و غیره به اشتراک بگذارید.

آزمایشگاه‌های BSL-4

آزمایشگاه‌های BSL-4 بالاترین سطوح امنیتی را دارند. در اینجا شما مجاز به کار با میکروب‌هایی هستید که ممکن است باعث عفونت‌های جدی در افراد شوند و می‌توانند در مواردی که اقدامات پیشگیرانه کم یا بدون درمان شناخته‌شده وجود دارد، باعث بیماری‌های همه‌گیر

شوند. میکروب‌هایی که متعلق به BSL-4 هستند، همگی ویروس می‌باشند؛ مانند ویروس ابولا. آموزش تخصصی گسترده BSL-4 پیش از کار در این آزمایشگاه‌ها مورد نیاز است و هیچ‌کس مجاز به کار نیست، مگر اینکه آموزش عملی برای کار در BSL-4 را با بررسی سالانه برنامه‌ها و روش‌های ایمنی آزمایشگاهی دیده باشد. آموزش پیشرفته در زمینه مدیریت مخاطرات زیستی نیز مورد نیاز است. علاوه بر الزامات یادشده برای BSL-1، BSL-2 و BSL-3، موارد زیر نیز باید اضافه شود:

- ✓ تمام کارها باید در BSC کلاس III با فیلترهای HEPA انجام شود.
- ✓ هنگام کار در یک BSL-4 باید از لباس محافظ کامل استفاده کنید که همه‌چیز را بپوشاند؛ بنابراین، سطح پوست و مو در معرض دید قرار نمی‌گیرد.

کابینت ایمنی بیولوژیکی

در آزمایشگاه‌های BSL-1، BSL-2، BSL-3 و BSL-4 باید بتوانید BSC‌ها را پیدا کنید. این کابینت‌ها برای محافظت از کارکنان و محیط در برابر میکروب‌هایی که در زیر این کابینت‌ها روی آن‌ها کار می‌شود، طراحی شده‌اند. این کابینت‌ها هوا را از پایین با تهویه مطبوع به داخل می‌کشند، هوای داخل هود را فیلتر می‌کنند، سپس هوای کابینت‌ها را از طریق فیلتر HEPA به‌عنوان هوای استریل و عاری از هرگونه میکروب از کابینت خارج می‌کنند. جریان هوای داخل کابینت به‌گونه‌ای طراحی شده است که محقق هرگز در معرض هوای داخل کابینت به سمت خود قرار نمی‌گیرد؛ بنابراین، خطر ابتلا به عفونت در حین کار باید بسیار کم باشد. BSC‌های تخصصی برای هر سطح خطر مانند BSC کلاس I، II و III وجود دارند. کلاس II در پنج نوع A1، A2، B1، B2 و C1 موجود است. این تفاوت به نیازها و نوع میکروب‌هایی که با آن‌ها کار می‌شود بستگی دارد؛ جایی که آن‌ها سرعت جریان متفاوتی دارند. برخی از آن‌ها فشار هوای منفی دارند تا مطمئن شوند که در معرض هوای کابینت قرار نمی‌گیرند. نوع B به‌اصطلاح از جریان هوای یک‌طرفه استفاده می‌کند که در آن هوا مخلوط نمی‌شود و دوباره به گردش در نمی‌آید. نوع C دارای ویژگی‌های فنی اضافی است.

هنگام کار در زیر BSC از مراحل زیر باید پیروی شود:

- ✓ پیش از استفاده، محل کار را ضدعفونی کنید؛ به این ترتیب، از آلوده شدن نمونه‌های خود جلوگیری می‌کنید.
- ✓ پیش از شروع کار هر چیزی را که برای استفاده نیاز دارید؛ مانند پیپت، نوک پیپت، فلاسک و غیره را در زیر BSC قرار دهید.
- ✓ پیش از شروع کار اجازه دهید جریان هوا حداقل ۱۵ دقیقه روشن شود.
- ✓ جریان هوا را بررسی کنید.
- ✓ هنگام شروع کار همیشه مستقیماً به BSC بروید. از حرکات زیاد دست اجتناب و فقط از حرکات آهسته و قابل کنترل دست استفاده کنید.
- ✓ نمونه‌ها را در زیر BSC ببرید.
- ✓ نمونه‌ها و سایر موارد را در زیر BSC به‌طور منظم بچینید تا هیچ چیز نتواند مانع جریان هوا شود.
- ✓ یک سطل زباله زیر BSC قرار دهید و همه پسماندها را در آن قرار دهید.
- ✓ وقتی کار تمام شد، همه چیز را پیش از خارج کردن از BSC ضدعفونی کنید. شما می‌توانید با اسپری مواد ضدعفونی‌کننده روی آن پسماندها را ضدعفونی کنید.
- ✓ پیش از خروج از BSC کل سطح را ضدعفونی کنید.
- ✓ پس از اتمام کار هود را به مدت ۱۵ دقیقه روشن نگه دارید.

واکسیناسیون

اگر واکسینی برای بیماری که با آن کار می‌کنید، وجود داشته باشد، همه کسانی که با آن پاتوژن کار می‌کنند، باید واکسینه شوند، حتی اگر خطر ابتلا به عفونت به حداقل رسیده باشد. کار با نمونه‌های بیولوژیکی انسان ممکن است حاوی ویروس‌هایی مانند هپاتیت B باشد، به همین دلیل است که توصیه می‌شود (یا لازم است) کارکنان بیمارستان و سایر کارکنان پیش از شروع به کار واکسینه شوند. اکثر مؤسساتی که با میکروب‌ها و نمونه‌های انسانی کار

می‌کنند، به همه دانشجویان، محققان و کارکنان توصیه می‌کنند در برابر بیماری‌های زیر واکسینه شوند: SARS-CoV-2 (COVID-19)، هپاتیت B، آنفولانزا، سرخک، اوریون، سرخجه و آبله مرغان.

محققانی که با نمونه‌های خاک، گیاهان و حیوانات کار می‌کنند، باید واکسن فعال کزاز (هر ۱۰ سال یک‌بار) داشته باشند.

هپاتیت C به دنبال نیدل استیک^۲

یک دانشجوی ۱۹ ساله پرستاری در حال گرفتن نمونه خون از یک زن ۷۲ ساله بود که پس از اتمام کار و در حال درپوش‌گذاری سوزن، از ناحیه انگشت دوم دست راست آسیب دید. دانشجو بلافاصله پس از آسیب و پس از سه و شش ماه، از نظر آنتی‌بادی‌های هپاتیت B و C و آنتی‌بادی HIV براساس پروتکل بیمارستان بررسی شد. سه ماه پس از آسیب، هپاتیت C او مثبت شد. دانشجو تحت درمان مناسب قرار گرفت و پس از گذشت ۳۶ ماه از شروع عفونت بهبود یافت. اگر نیدل استیک شدید هرگز خجالت نکشید، هرگز سعی نکنید آن را پنهان کنید. همه بیمارستان‌ها و آزمایشگاه‌ها باید پروتکل‌هایی داشته باشند که در صورت آسیب‌هایی مانند این مورد، پروتکل‌های مربوطه را رعایت کنند.

۳. این مورد استخراج شده است از:

Scaggiante, R.; Chemello, L.; Rinaldi, R.; Bartolucci, G.B.; Trevisan, A.; Acute hepatitis C virus infection in a nurse trainee following a needlestick injury. World J. Gastroenterol. 2013, 28 (4), 581e585.

فصل ششم:

مواد رادیواکتیو

مقدمه

پیش از کار با ترکیبات رادیواکتیو (شکل (۶-۱)) باید دوره‌های آموزشی موردنیاز یا دوره‌های تخصصی برای انجام کار با این ترکیبات را بگذرانید. ترکیبات رادیواکتیو تشعشعات نامرئی ساطع می‌کنند. برخی از این پرتوها بی‌ضرر هستند، درحالی‌که برخی دیگر ممکن است باعث بیماری‌های جدی مانند سرطان، آسیب به جنین یا حتی مرگ شوند؛ بنابراین، هم آزمایشگاه‌هایی که در آن افراد با مواد رادیواکتیو کار می‌کنند و هم خود مواد رادیواکتیو، تحت نظارت سخت‌گیرانه مقامات قرار دارند. از آنجاکه امکان مشاهده خطر وجود ندارد و به‌دلیل اینکه بسیاری از مواد رادیواکتیو به‌سرعت تجزیه می‌شوند، باید نحوه کار با این ترکیبات، نحوه نزدیک شدن به آن‌ها و برنامه کاری را بدانید. به‌منظور نظارت بر قرار گرفتن در معرض تابش، اغلب برای کار با این مواد به استفاده از آشکارسازهای پرتوی شخصی برای افرادی که در این آزمایشگاه‌ها و حتی آزمایشگاه‌های مجاور کار می‌کنند، نیاز است. این موضوع هم به‌منظور نظارت بر قرار گرفتن در معرض موضعی و هم به‌منظور نظارت بر قرار گرفتن در معرض تجمعی در طول زمان است.



شکل (۷-۱) نماد خطرات رادیواکتیویته

آزمایشگاه

طراحی یک آزمایشگاه برای کار با مواد رادیواکتیو بستگی به نوع و مقدار تشعشعات مجاز برای ذخیره در داخل اتاق دارد. مواد رادیواکتیو بسته به میزان خطرناک بودن آن‌ها برای سلامت انسان به چهار کلاس خطر طبقه‌بندی می‌شوند؛ به همین ترتیب، آزمایشگاه‌ها به سه گروه خطر به نام‌های A، B و C طبقه‌بندی می‌شوند که در آن افرادی که با تشعشعات کم‌خطر کار می‌کنند، این کار را در آزمایشگاه‌های کلاس C انجام می‌دهند. استانداردهای طراحی آزمایشگاه مانند میز، لوله‌کشی‌ها، سینک‌ها، هودهای شیمیایی و...، و همچنین شرایط و تجهیزات حفاظت فردی بستگی به این دارد که در کدام کلاس آزمایشگاه A، B یا C کار می‌کنید. پیش‌بند یا لباس سربی، تجهیزات حفاظت فردی ویژه‌ای است که در تمامی این آزمایشگاه‌ها بسته به نوع هسته، مقدار و نوع تشعشعات مورد استفاده باید وجود داشته باشد.

طبقه‌بندی آزمایشگاه‌های A، B و C براساس مقدار فعالیت کل مواد رادیواکتیوی است که باید در آنجا ذخیره شوند که در جدول (۶-۱) نشان داده شده است. این مطلب شامل ذخیره‌سازی مواد مهروموم شده و بدون مهروموم است. هر آزمایشگاه باید دفترچه‌ای داشته باشد که در آن تمام مواد دریافتی و همچنین رادیواکتیویته آن‌ها در زمان قرار دادن آن‌ها در

آزمایشگاه ثبت شود. پس از آن مهم است که بتوانیم رادیواکتیویته داخل اتاق را در هر زمان با

$$A_{Bq} = A_0 e^{-kdt}$$
 استفاده از معادله زیر محاسبه کنیم:

A_{Bq} رادیواکتیویته در زمان t است، A_0 رادیواکتیویته زمانی است که مواد در زمان صفر وارد شدند، k_d میزان تجزیه و t زمان از بدو ورود مواد است. k_d را می‌توان با استفاده از معادله

زیر محاسبه کرد که در آن $t_{\frac{1}{2}}$ نیمه عمر است:

$$K_d = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}}$$

واحد مورد استفاده بکرل یا Bq نامیده می‌شود که در آن یک بکرل معادل واحد ثانیه معکوس است ($1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$) که به‌عنوان فعالیت مقداری از مواد رادیواکتیو که در آن یک هسته در هر ثانیه تجزیه می‌گردد، تعریف می‌شود؛ بنابراین، ($1 \mu\text{s}^{-1}$) نشان‌دهنده 10^6 تجزیه در ثانیه است. در جدول (۶-۱) پیشوندها به‌صورت MBq یا مگابکرل (10^6 Bq) و GBq یا گیگابکرل (10^9 Bq) آمده است. یک مگابکرل را یک رادرفورد نیز می‌نامند. بسیاری از آزمایشگاه‌ها هنوز از واحد قدیمی‌تر کیوری (Ci) استفاده می‌کنند که براساس فعالیت یک گرم رادیوم ۲۶۶ است. کیوری به‌عنوان $3.7 \times 10^{10} \text{ s}^{-1}$ یا ۳۷ گیگابکرل تعریف شده است؛ بنابراین، یک کیوری برابر با ۳۷ گیگابکرل، یک میلی‌کیوری (mCi) برابر با ۳۷ مگابکرل و یک مگابکرل برابر با ۰,۰۲۷ میلی‌کیوری (mCi) است.

جدول (۱-۶) طبقه‌بندی آزمایشگاه‌ها براساس کلاس رادیونوکلیدها که در هر زمان مجاز هستند

نوع آزمایشگاه			
نوع A (GBq)	نوع B	نوع C (MBq)	کلاس رادیونوکلئوتیدی
>0.5	0.5 MBq-0.5GBq	<0.5	کلاس ۱
>5	5 MBq-5GBq	<5	کلاس ۲
>50	50 MBq-50GBq	<50	کلاس ۳
>500	500 MBq-500GBq	<500	کلاس ۴

مثال

یک ماه پیش شما 25 MBq انسولین نشان‌دار شده I^{125} دریافت کردید. در حال حاضر، این تنها ماده رادیواکتیو در آزمایشگاه است. از شما خواسته می‌شود مقدار رادیواکتیویته باقی‌مانده در آزمایشگاه را به واحدهای بکرل (Bq) و کوری (Ci) محاسبه کنید.

نیمه عمر I^{125} برابر با ۵۹٫۵ روز است؛ بنابراین، $kd=0.0116 \text{ days}^{-1}$ است. رادیواکتیویته باقی‌مانده در آزمایشگاه عبارت است از:

$$A_{Bq}=25e^{-0.0116 \times 30}=17.7 \text{ MBq}$$

یک ماه بعد، 17.7 MBq باقی‌مانده که معادل 0.78 mCi است.

تمام این آزمایشگاه‌ها به سیستم تهویه مطبوع کارآمد و یک کابینت دارای تهویه یا سایر جعبه‌های جابه‌جایی مناسب برای انجام کار، و همچنین یک شناساگر یا آشکارساز نیاز دارند که بتوان از آن برای اسکن کردن سطح کار در پایان روز استفاده کرد تا اطمینان حاصل شود که هیچ قطره یا ذرات رادیواکتیوی روی میز یا سطوح دیگر باقی نمانده باشد. الزامات برای سه نوع آزمایشگاه A، B و C عبارتند از:

نوع C

آزمایشگاه نوع C برای رسیدگی به فعالیت‌های سبک در نظر گرفته شده است و باید به این صورت مشخص شود. طراحی آن مشابه یک آزمایشگاه شیمی معمولی است. سطوح به‌ویژه میزهای کار باید از مواد نفوذناپذیر در برابر رطوبت و مقاوم در برابر مواد شیمیایی معمولی باشند و به راحتی تمیز شوند. تعداد تجهیزات مجاز در این آزمایشگاه باید محدود بوده و یک سطل زباله ویژه برای پسماندهای رادیواکتیو وجود داشته باشد. براساس ماهیت کار مهم است که مواد رادیواکتیو نتوانند از طریق تهویه به هوا پراکنده شوند. سرعت جریان هوا در میزهای کار زمانی که ارتفاع دهانه ۳۰ سانتی‌متر است، باید حداقل ۵,۰ متر بر ثانیه باشد.

نوع B

آزمایشگاه‌های نوع B برای کار با مواد رادیواکتیو طراحی شده‌اند. علاوه بر الزامات آزمایشگاه‌های نوع C، این آزمایشگاه‌ها باید موارد زیر را رعایت کنند:

(الف) یک فضا برای تعویض لباس و نگهداری لباس‌های محافظ

(ب) کف‌ها باید به راحتی قابل شست‌وشو باشند و حدود ۱۰ سانتی‌متر بالاتر از لبه دیوارها قرار گیرند.

(ج) میزهای کار باید به اندازه کافی محکم باشند تا بتوانند برای مثال، سپر سربی یا سایر سپرهای تشعشی برای جلوگیری از تشعشع را نگه دارند.

(د) روشویی‌ها باید به آسانی عمل کنند؛ مثلاً با استفاده از بازوها یا پاها بدون تماس یا لمس چیزی.

(ه) در اتاق باید فشار هوای منفی وجود داشته باشد تا مواد رادیواکتیو نتوانند از اتاق به بیرون خارج شوند.

آزمایشگاه‌های نوع A برای استفاده در مقیاس وسیع از مواد رادیواکتیو در نظر گرفته شده‌اند. این آزمایشگاه‌ها به مجوز ایمنی سختگیرانه با شرح دقیق هر نوکلئوتید، برنامه‌های ایمنی، اقدامات حفاظت فردی و روش کار واضح نیاز دارند.

رادیودارو

نوع دیگری از آزمایشگاه، آزمایشگاه رادیودارو است؛ جایی که داروسازان نوکلئوتیدهای رادیواکتیو را برای تجویز به بیماران یا برای اهداف تشخیصی آماده می‌کنند. تولید و نگهداری این رادیوداروها باید با استانداردهای عملکرد صحیح رادیودارو^۱ مطابقت داشته باشد. به‌طور معمول این آزمایشگاه‌ها از آزمایشگاه‌های نوع C یا B پیروی می‌کنند.

تمام این آزمایشگاه‌ها باید دستورالعمل‌های زیر را اجرا کنند:

- دسترسی به آزمایشگاه باید برای کارکنان یا دانشجویان آموزش دیده محدود شود.
- هر کارمند یا دانشجویی که قصد کار با مواد رادیواکتیو را دارد، باید تجهیزات حفاظت فردی مناسب داشته باشد. این تجهیزات شامل روپوش آزمایشگاهی دکمه‌دار، دستکش و سایر لوازم حفاظتی (در صورت لزوم نظیر پیش‌بند سربی) هستند. در صورت آلوده شدن روپوش آزمایشگاهی یا پیش‌بند سربی به مواد رادیواکتیو نباید آن‌ها را با سایر لباس‌ها شست. در چنین مواردی ممکن است نیاز به امحای آن‌ها باشد.
- در حالت ایدئال روپوش‌های آزمایشگاهی مورد استفاده با مواد رادیواکتیو باید رنگ متفاوتی نسبت به سایر روپوش‌های آزمایشگاهی داشته باشند که احتمال مخلوط شدن آن‌ها با لباس‌های دیگر را کاهش می‌دهد.
- روپوش‌های آزمایشگاهی هرگز نباید در کافه یا دیگر مکان‌هایی که مردم در آنجا غذا یا نوشیدنی مصرف می‌کنند، پوشیده یا برده شوند.

- هنگام کار با مواد رادیواکتیو همواره باید از دستکش استفاده کرد. هر بار که به آلوده بودن دستکش‌ها مشکوک شدید، باید دستکش‌های خود را تعویض کنید. اگر زخم باز یا بریدگی دارید و ملزم به کار با منبع رادیواکتیو هستید، بهتر است کار را تا بهبود زخم/ بریدگی به تعویق بیندازید.

- مواد جاذب باید پیش از شروع به کار با مواد رادیواکتیو روی میز کار قرار داده شوند. در این صورت اگر هریک از مواد ریخته شود، جذب مواد جاذب خواهد شد. اگر پوششی در دسترس نباشد، می‌توان از حوله کاغذی استفاده کرد. این مواد جاذب دارای یک لایه پلاستیکی نازک در زیر هستند که از عبور قطرات به داخل و روی سطح میز جلوگیری می‌کنند.

- انرژی تشعشع، نه مقدار ماده، عامل اصلی برای تعیین ضخامت تجهیزات حفاظتی است. اگر با منابع تشعشع قوی مانند ^{32}P و ^{33}P (کلاس خطر ۳) کار می‌کنید، محل کار باید با چیزی شبیه پلکسی گلاس محافظت شود. یک پلکسی گلاس با ضخامت حدود یک سانتی‌متر باید در برابر تشعشعات ^{32}P (0.13 mCi) 5 MBq یا ^{14}C (1.3 mCi) 50 MBq یا ^{35}S محافظت کافی ایجاد کند. باین‌حال حفاظت مشابهی هنگام کار با تریتیوم (^3H) ضروری نیست.

- کار با مواد رادیواکتیوی که به راحتی پراکنده می‌شوند؛ مانند ترکیبات فرار یا گازهای رادیواکتیو، همیشه باید در زیر هود شیمیایی انجام شود.

- در آزمایشگاه‌هایی که از مواد رادیواکتیو استفاده می‌شود، هرگز نباید غذا، نوشیدنی، تنباکو، کیف پول، کیف لوازم آرایش، دستمال یا ظروف غذا/ نوشیدنی حتی یک فنجان قهوه هم استفاده یا نگهداری شود.

- بین کار با منابع رادیواکتیو باز و مهر و موم شده تفاوت وجود دارد. منبع رادیواکتیو مهر و موم شده هنگامی است که مواد در یک ظرف محکم بسته‌شده بوده و از انتشار آن در محیط جلوگیری شود. منبع رادیواکتیو باز زمانی است که مواد به اشکال دیگر مانند پودر یا مایعات رادیواکتیو در آزمایشگاه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

عامل خطر و نوع آزمایشگاه

نحوه انجام کار براساس ایزوتوپی که با آن کار می‌کنید، مهم است و از نظر ریاضی به‌عنوان r_{work} یا ضریب کار توصیف شده است و خطر (X) را که کار شامل آن می‌شود، توصیف می‌کند. حین کار ساده با محلول‌ها مانند محلول‌های رقیق، ضریب ۰,۱ داده می‌شود. کار شیمیایی عمومی دارای فاکتور یک است، درحالی‌که کار شیمیایی پیچیده یا کار با مواد خشک دارای فاکتور ۱۰ است. کار با ترکیبات خشک فرار دارای فاکتور ۱۰۰ است. آزمایشگاه‌های نوع C نباید از فاکتور خطر $X \leq 1$ تجاوز کنند، درحالی‌که آزمایشگاه‌های نوع B مجاز به داشتن ضریب خطر $X \leq 1000$ هستند، اما هیچ حداکثر مجازی برای آزمایشگاه‌های نوع A وجود ندارد.

ضریب خطر براساس موارد زیر محاسبه می‌شود:

$$\sum_i \frac{A_i}{A_{ref}} r_{work} < X$$

که در آن، A_i مقدار فعالیت ترکیبات رادیواکتیوی است که با آن‌ها کار می‌کنید و A_{ref} حداکثر مقدار مجاز در نوع آزمایشگاهی است که در آن کار می‌کنید (محدودیت‌های جدول (۶-۱) را ببینید).

مثال

شما در حال ارزیابی یکی از آزمایشگاه‌های خود هستید که در آن کار شیمیایی پیچیده با 1 MBq از ^{131}I (کلاس ۲) و 20 MBq از ^3H (کلاس ۴) وجود دارد. گاهی اوقات آن‌ها همچنین با 20 MBq از ^{14}C (کلاس ۳) در محلول‌های رقیق کار می‌کنند. این آزمایشگاه به‌عنوان آزمایشگاه نوع C طبقه‌بندی می‌شود. زمانی که هر سه رادیونوکلئوتید در حال استفاده هستند، خطر را محاسبه کنید:

محاسبه خطر زمانی که هر سه رادیونوکلئوتید در حال استفاده هستند، عبارت است

از:

$$\sum_i = \frac{1}{5}10 + \frac{20}{50}0.1 + \frac{20}{500}10 = 2.44$$

ضریب خطر برای این آزمایشگاه ۲/۴۴ است که بیش از حد مجاز برای آزمایشگاه نوع

C می‌باشد.

سامان‌دهی و نظارت

در تمام آزمایشگاه‌هایی که از مواد رادیواکتیو استفاده می‌شود، باید از تمام ترکیبات رادیواکتیو موجود در آزمایشگاه در هر زمان محاسبات دقیقی وجود داشته باشد. ثبت نوع ایزوتوپ، فعالیت آن، تاریخ و نام شخص یا افراد مسئول مهم است. معمولاً هر ترکیب به فردی که مجوز کار با آن ماده را دریافت کرده، مرتبط است. هر زمان که بخشی از ترکیبات رادیواکتیو استفاده می‌شود، مقدار آن باید ثبت شود؛ به این ترتیب، همیشه باید این امکان وجود داشته باشد که ببینید در هر زمان معین چه مقدار از مواد رادیواکتیو و از هر ایزوتوپ در آزمایشگاه وجود دارد. برای نظارت صحیح و اندازه‌گیری آلودگی احتمالی رادیواکتیو در محل کار، داشتن یک پرتوسنج مناسب در تمام آزمایشگاه‌هایی که افراد با مواد رادیواکتیو کار می‌کنند، مهم است. در پایان هر روز کاری و اگر هرگونه شک به آلودگی رادیواکتیو وجود داشته باشد، منطقه باید با

تجهیزات مناسب مانند شمارنده گایگر بررسی شود. تمام مناطقی که افراد با ترکیبات رادیواکتیو کار می کنند، باید به طور مرتب از نظر آلودگی احتمالی یا حداقل هر سه ماه یکبار بررسی شوند. اگر هرگونه آلودگی رادیواکتیو در منطقه مشاهده شد، باید منبع آلودگی را پیدا و منطقه را تمیز کرد. سپس پروتکل ها باید براساس آن به روز شوند تا از هرگونه آلودگی بعدی جلوگیری شود.

خطر قرار گرفتن در معرض

تمام مواد رادیواکتیو باید به گونه ای ذخیره شوند که از خطرات تشعشع جلوگیری شود. این کار مستلزم آن است که مواد باید بلافاصله پس از استفاده در انبار قرار داده شوند؛ به همین ترتیب، حائز اهمیت است که محلول های موجود یا سایر محلول های حاوی ترکیبات رادیواکتیو را از محل کار یا میزهای خود دور نگه دارید. به محض استفاده، دوباره آن ها را به یخچال فریزر یا پشت یک محافظ (مانند پلکسی گلاس) برگردانید. تمام محلول هایی که شامل هرگونه مواد رادیواکتیو هستند، باید با نام ایزوتوپ، فعالیت، تاریخ و نام فرد مسئول کار برچسب گذاری شوند. قدرت تابش همیشه باید در حداقل ممکن باشد. در مناطق ذخیره سازی قدرت تشعشع نباید از $7.5 \mu\text{Sv}$ در هر ساعت تجاوز کند. باین حال اگر در محلی ذخیره شود که سایر کارکنان در آنجا مشغول به کار هستند، باید به حداکثر $2.5 \mu\text{Sv}$ در هر ساعت محدود شود. در بیشتر کشورها این الزام وجود دارد که میزان قرار گرفتن در معرض پرتو در هر کارمند، دانشجو و سایر افرادی که در مجاورت مواد رادیواکتیو کار می کنند، نظارت و ثبت شود. کارکنان و دانشجویانی که در کار خود از مواد رادیواکتیو استفاده می کنند، باید میزان قرار گرفتن در معرض تابش را در کمتر از 20 mSv در سال نگه دارند؛ جایی که عدسی چشم، پوست (یک سانتی متر مربع) و سایر قسمت های بدن نباید به ترتیب بیش از 150 ، 500 و 500 mSv در سال باشد. فردی که در معرض تابش بیش از 6 mSv در سال است، باید هنگام کار با مواد رادیواکتیو یا در مناطقی که ممکن است در معرض تشعشع قرار گیرند، یک مانیتور تشعشع ویژه وجود داشته باشد.

واحد Sievert (Sv) برای اندازه‌گیری سطوح تشعشعات یونیزان در بدن انسان و سطح تشعشعی که یک فرد در معرض آن قرار می‌گیرد، استفاده می‌شود. این می‌تواند میزان تابش جذب‌شده توسط یک قسمت خاص بدن یا در کل بدن باشد. دوز معمولاً به صورت mSv/year اندازه‌گیری می‌شود، اما واحد قدیمی‌تر به نام rem^1 نیز وجود دارد که در آن 1 Sv معادل 100 rem است. به‌طور کلی، یک فرد نرمال نباید در معرض بیش از 1 mSv در سال قرار گیرد. با این حال اگر شما سی‌تی‌اسکن انجام دهید، در معرض تشعشعات بیش از 1 mSv قرار می‌گیرید، همان‌طور که هنگام پرواز با هواپیما در معرض پرتوهای کیهانی قرار می‌گیرید.

پرتوهای کیهانی بزرگ‌ترین منبع تشعشع برای اکثر افراد در سیاره ما هستند. اگر کار شما شامل کار با تشعشعات یونیزان باشد، ممکن است به ترتیب در اروپا یا ایالات متحده مجاز به قرار گرفتن در معرض 20 mSv یا 50 mSv در سال باشید. برای دوز بالای تابش، از Sievert استفاده نمی‌شود. دوزهای بالا می‌توانند باعث آسیب حاد بافتی یا در موارد جدی‌تر سندرم تشعشع شوند. برای ارزیابی قرار گرفتن در معرض تابش با دوز بالا، از مقدار دیگری به نام gray (Gy) استفاده می‌شود که به‌عنوان جذب یک ژول انرژی تابشی در هر کیلوگرم ماده تعریف می‌شود. حد سمیت چهار گری است.

واحد Sievert (Sv) از رابطه $(W_R \times D)$ محاسبه می‌شود که در آن D دوز برحسب گری است که به صورت J/kg محاسبه می‌شود و W_R یک فاکتور بدون بُعد (ضریب کیفیت) است. برای پرتوهای ایکس، گاما و بتا W_R برابر با یک است. برای پرتوهای آلفا W_R برابر با 20 است. این ضریب کیفیت $W_R=1$ در معرض قرار گرفتن تمام بدن را منعکس می‌کند. با این حال اگر تنها یک بخش از بدن در معرض تابش باشد، W_R در معرض قرار گرفتن آن اندام مانند قفسه سینه، تیروئید و مثانه برابر با 0.05؛ مغز استخوان، روده بزرگ، کبد، ریه‌ها و معده برابر با 0.12؛ و پوست برابر با 0.01 را منعکس می‌کند.

مثال

شما در حال کار با ^{99m}Tc هستید و می‌خواهید بدانید در حین کار اگر حدود ۲,۵ ساعت در روز در فاصله ۱,۵ متری از منبع بایستید، چقدر در معرض تابش قرار می‌گیرید. برای محاسبه قرار گرفتن در معرض تابش، باید با بررسی چندین عامل شروع کنید. شدت (I) تابش با افزایش فاصله (d) مطابق قانون مربع معکوس کاهش می‌یابد که در آن:

$$I_1(d_1)^2 = I_2(d_2)^2$$

در این مورد، شما با مقدار ^{99m}Tc به میزان 370 MBq کار می‌کنید؛ بنابراین، دوز روزانه (D) را که در معرض آن قرار دارید، می‌توان با استفاده از معادله زیر محاسبه کرد:

$$D = \frac{\Gamma A t}{d^2}$$

که در اینجا Γ ثابت گاما، A فعالیت منبع، و t زمان صرف‌شده در اطراف منبع رادیواکتیو در هر روز است. ثابت Γ ویژه برای ^{99m}Tc برابر با $16.60 \times 10^{-3} \mu\text{Sv}$ در یک متر در هر MBq در ساعت است. این فرمول را می‌توانیم به صورت $16.60 \times 10^{-3} \mu\text{Sv m}^2 \text{h}^{-1} \text{MBq}^{-1}$ نشان دهیم (جدول (۶-۲)). با افزودن این اطلاعات به معادله، فرمول زیر به دست می‌آید:

$$D/\text{day} = \frac{16.60 \times 10^{-3} \mu\text{Sv m}^2 \text{h}^{-1} \text{MBq}^{-1} \times 370 \text{ MBq} \times 2.5 \text{ h}}{(1.5 \text{ m})^2} / \text{day} = 6.8 \mu\text{Sv} / \text{day}$$



جدول (۶-۲) ثابت‌های پرتو گاما (Γ) در $(\times 10^{-3}) \mu\text{Sv m}^2 \text{h}^{-1} \text{MBq}^{-1}$ برای رادیونوکلئوتیدهای منتخب در فاصله ۱ متری.^۱

Γ -constant	$t_{1/2}$	نوکلئوتید
21.92	$1.28 \times 10^9 \text{ y}$	^{40}K
37.13	12.4 h	^{42}K
112.75	8.3 h	^{52}Fe
171.17	44.5 d	^{59}Fe
0.382	270.9 d	^{57}Co
354.35	5.27 y	^{60}Co
25.03	78.3 h	^{67}Ga
148.51	68.2 min	^{68}Ga
21.29	66.0 h	^{99}Mo
16.60	6.02 h	$^{99\text{m}}\text{Tc}$
55.42	2.83 d	^{111}In
39.59	102 min	$^{113\text{m}}\text{In}$
57.68	13.2 h	^{123}I
36.15	60.14 d	^{125}I
57.88	8.04 d	^{131}I

^۱. برگرفته از:

Pillay M. Dosimetric Aspects. In: Textbook of Radiopharmacy, Theory and Practice 3rd Ed. Editor, C. B. Sampson.; Gordon and Breach Science Publisher, 1999.

با فرض اینکه شما ۲۵۰ روز در سال کار می‌کنید، دوز سالانه شما برابر با ۱.7 mSv در سال خواهد بود. این مقدار کمتر از حد مجاز سالانه 20 mSv است و از این رو قابل قبول است. همان‌طور که در مثال بالا توضیح داده شد، هنگام کار با رادیونوکلئوتیدها در معرض تابش قرار خواهید گرفت. برای محدود کردن این تابش انواع مختلفی از سپرها وجود دارد. باین‌حال انتخاب سپر به نوع تشعشعات رادیونوکلئوتیدهایی که با آن‌ها کار می‌کنید، بستگی دارد: (الف) ذرات آلفا (He) به محافظ بسیار کمی نیاز دارند، حتی لباس‌های شما یا یک ورق کاغذ ممکن است برای جذب ذرات آلفا کافی باشد؛ (ب) بسته به قدرت ذرات بتا، بیشتر رادیونوکلئوتیدهایی که ذرات بتا را ساطع می‌کنند، به پلاستیک ضخیم حدود ۰.۶ سانتیمتر (۱/۴ اینچ) نیاز دارند؛ و (ج) پرتوهای گاما و ایکس که به سپر از جنس سرب، بتن یا مقدار زیادی آب نیاز دارند. ضخامت به انرژی پرتوهای گاما (معمولاً برحسب MeV ولتاژ مگا الکترون بیان می‌شود) بستگی دارد.

هنگام انتخاب سپر باید به ضخامت و چگالی آن توجه کرد. هرچه ضخامت بیشتر باشد، جذب بیشتر و هرچه چگالی بیشتر باشد، میزان حفاظت بیشتر است. ضرایب کاهش (تضعیف) (m) برای مواد محافظ مختلف برای بسیاری از رادیونوکلئوتیدها موجود است. ثابت تضعیف^۱، مقدار تابش جذب شده را نشان می دهد. تأثیر سپر را می توان با استفاده از فرمول زیر بیان کرد:

$$A = A_0 e^{-\mu x}$$

که در آن A_0 شدت تابش (برحسب Bq) رادیونوکلئوتید بدون محافظ، A شدت تابش پس از استفاده از محافظ، μ ضریب تضعیف برحسب cm^{-1} ، و x ضخامت سپر برحسب سانتی متر (cm) است.

مثال

در مثال پیشین، شما با $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 370 MBq کار می کردید. شما تصمیم می گیرید بین منبع تشعشع و خودتان یک محافظ سربی با ضخامت ۲,۵ میلی متر قرار دهید. شدت تشعشع پس از استفاده از محافظ را محاسبه کنید. ضریب کاهش (تضعیف) برای $^{99\text{m}}\text{Tc}$ هنگام استفاده از سرب (Pb) برابر با 23 cm^{-1} است.

$$A = (370 \text{ MBq}) \times e^{(-23 \times 0.25)} = 1.2 \text{ MBq}$$

با افزودن یک محافظ سربی با ضخامت ۲,۵ میلی متر، در معرض قرار گرفتن پرتوهای گاما را تقریباً به 1 MBq کاهش خواهید داد.

1. Attenuation Constant

ترکیبات رادیواکتیو

مواد رادیواکتیو براساس اینکه آیا تابش آلفا (هلیوم)، تابش بتا (الکترون)، یا تابش گاما (تابش الکترومغناطیسی) ساطع می کنند، طبقه بندی می شوند. این مواد همچنین بسته به میزان خطرناک بودن آنها برای انسان و محیط زیست در چهار گروه خطر طبقه بندی می شوند. گروه (۴) کم خطرترین گروه است. در جدول (۶-۳) فهرستی از ایزوتوپ های متداول موجود در این گروه ها آمده است.

از آنجایی که مواد رادیواکتیو تشعشعات متفاوتی با قدرت های مختلف ساطع می کنند، نیازهای ذخیره سازی ممکن است به طور قابل توجهی متفاوت باشند. ملاک این است که ذخیره سازی مواد رادیواکتیو باید به گونه ای باشد که در حین ذخیره سازی تا حد امکان تشعشع کمتری از مواد ساطع شود.

جدول (۳-۶) طبقه‌بندی رایج‌ترین رادیونوکلئوتیدها

ایزوتوپ‌ها					کلاس رادیونوکلئیدی
Ac-227	Ra-228	Ra-226	Po-210	Pb-210	کلاس ۱
Pu-240	Pu-238	U-232	Th-230	Th-228	
	Cf-252	Cm-244	Am-241	Pu-242	
Ag-110m	Ru-106	Sr-90	Ge-68	Co-60	کلاس ۲
Ce-144	Cs-134	I-131	I-125	I-124	
		Bi-210	Eu-152	Sm-151	
P-33	P-32	Na-24	Na-22	C-14	کلاس ۳
Sc-46	Ca-45	K-43	Cl-36	S-35	
Co-57	Fe-59	Fe-55	Fe-52	Mn-54	
Zn-65	Zn-62	Cu-67	Ni-63	Co-58	
Se-75	As-76	As-73	Ga-72	Ga-67	
Sr-85	Sr-82	Rb-86	Rb-84	Br-82	
Nb-95	Zr-95	Y-90	Y-88	Sr-89	
Sn-113	In-111	Pd-103	Ru-103	Mo-99	
I-132	I-123	Te-132	Sb-125	Sb-124	
Pm-147	Ce-141	La-140	Ba-140	Ba-133	
Yb-169	Tm-170	Ho-166	Gd-153	Sm-153	
Re-186	W-188	W-187	W-185	Ta-182	
Hg-203	Hg-197	Au-198	Ir-192	Os-191	
			Pu-237	Tl-204	
Mn-56	Cr-51	F-18	C-11	H-3	کلاس ۴
Dy-165	In-113m	Tc-99m	Ga-68	Cu-64	
			Tl-201	Pt-193	

اگر مواد رادیواکتیو تشعشعات ضعیفی از خود ساطع کنند، می‌توان آن‌ها را در یخچال، فریزر یا پشت پلکسی‌گلاس ذخیره کرد. هنگامی که آن‌ها تشعشعات قوی ساطع می‌کنند، باید در پشت سرب ذخیره شوند. خطرناک‌ترین هسته‌های رادیواکتیو باید در پشت بلوک‌های بتنی پوشیده از سرب ذخیره شوند.

فصل هفتم:

مدیریت پسماند

قوانین و مقررات دفع پسماند

بسیاری از موادی که در آزمایشگاه‌ها استفاده می‌شوند، برای محیط‌زیست انسان و حیوانات مضر هستند؛ بنابراین، تمام پسماندها باید به‌طور مناسبی تفکیک و دفع شوند. شما به‌عنوان فردی که در آزمایشگاه کار می‌کنید، مسئول تفکیک و دفع پسماندهایی هستید که هنگام کار تولید می‌کنید. پسماند باید به‌گونه‌ای مدیریت شود که خطرات احتمالی ناشی از آن به حداقل برسد. مناطق مختلف (برای مثال، کشورها و ایالات) قوانین و مقررات متفاوتی درباره تفکیک و مدیریت پسماندها دارند؛ بنابراین، مهم است که با قوانین منطقه خود آشنا شده و از آن‌ها پیروی کنید. علاوه بر این بسیاری از مؤسسات دستورالعمل‌های اضافه‌تری متعلق به خود درباره تفکیک پسماند دارند. اگر در طول آموزش اولیه از دستورالعمل‌های مؤسسه خود مطلع نشدید، درباره آن‌ها سؤال کنید. اگر مطمئن نیستید که چگونه پسماندهای خاص را دفع کنید، از یک همکار یا سرپرست خود راهنمایی بخواهید.

برچسب‌زنی پسماندهای خطرناک

درباره پسماندهای آزمایشگاهی برچسب‌زنی واضح و حاوی اطلاعات مفید امری کلیدی است. اینکه دقیقاً چگونه بخواهیم محتویات ظروف پسماند خود را توصیف کنیم، می‌تواند از مکانی به مکان دیگر متفاوت باشد، اما به‌طور کلی هرچه محتوای آن را دقیق‌تر بدانیم، بهتر است؛ بنابراین، در صورت وقوع حادثه‌ای که مربوط به پسماند است، بهتر می‌توانیم واکنش نشان دهیم. همچنین دفع پسماند می‌تواند مقرون‌به‌صرفه‌تر باشد؛ زیرا در مواردی که برخی از محتویات نیاز به جابه‌جایی خاصی داشته باشند، نیازی به اقدامات احتیاطی ویژه نیست.

در برخی مناطق برچسب‌ها تنها حاوی اطلاعاتی شامل نوع پسماند موجود در ظرف، یا پسماندی که باید در آن ظرف ریخته شود، هستند. درحالی‌که در مناطق دیگر لازم است مقدار تقریبی همه‌چیز در واحد جمع‌آوری پسماند تعریف شود (مراجعه به شکل (۷-۱)). قوانین مربوط به این موضوع نیز می‌تواند بین مناطق و مؤسسات کمی متفاوت باشد؛ بنابراین، مطمئن شوید که در محل کارتان از شما چه انتظاری می‌رود.

HAZARDOUS WASTE

Contact person: _____

Principal investigator: _____

Contact number: _____

Flammable ☐

Corrosive ☐

Toxic ☐

Health hazard ☐

Reactive ☐

Other: _____

Chemical name	%

**Organic solvents
without halogens**

Toward Health and Hope

Department _____

Date _____ Sign _____

Chemical Waste

شکل (۷-۱) نمونه‌هایی از برچسب پسماندهای مختلف

ظروف پسماند

هنگام دفع پسماند انتخاب ظروف مناسب و برچسب‌گذاری صحیح آن‌ها مهم است (مقاومت مواد در برابر مواد شیمیایی مختلف را در جدول (۴-۶) ببینید).

اگر ظرف مناسب انتخاب نشود، ممکن است ظرف بشکند. فلاسک‌هایی که برای پسماندهای خطرناک استفاده می‌شوند، نباید بیش از ۶۰٪ پر شوند. اگر آن‌ها به میزان بیشتری پر شوند، باید از یک سرپوش ایمنی مخصوص استفاده کرد که بتواند فشار بالقوه را آزاد کند. مواد شیمیایی خطرناک نیز هرگز نباید در جایی نگهداری شوند که نور خورشید

باعث گرم شدن محتویات آن شود؛ زیرا افزایش فشار بیش از حد می‌تواند منجر به انفجار گردد. اغلب پسماندها ممکن است حتی در یخچال یا فریزر نگهداری شوند، تا زمانی که کاملاً دفع شوند. از ظروف فلزی نیز استفاده نکنید؛ زیرا این ظروف می‌توانند توسط مواد زائد خطرناک مانند اسیدها از داخل خورده شوند. ظروف پسماند خصوصاً برای پسماندهای مایع به‌طور کلی باید در ظروف ثانویه نگهداری شوند (به شکل (۷-۲) مراجعه شود)؛ به این ترتیب، اگر حادثه‌ای اتفاق بیفتد یا ظروف به‌طور تصادفی پر یا سرریز شوند، به جای اینکه ماده شیمیایی در مقیاس بزرگی پخش شود، پسماندها در ظرف ثانویه محفوظ می‌مانند.

ظروف پسماند در حال انفجار

چند سال پیش فلاسک حاوی پسماندهای خطرناک در یکی از آزمایشگاه‌های دانشگاه ایسلند منفجر شد. فلاسک تا بالا پر شده بود و درپوش روی فلاسک محکم پیچ شده بود. فلاسک در ظرف ثانویه نگهداری نشده بود. در طول ذخیره‌سازی ایجاد فشار بیش از حد منجر به انفجار فلاسک شد. در نتیجه، کف زمینی که فلاسک در آنجا قرار داشت، آسیب دید. اگر دستورالعمل‌های مربوط رعایت می‌شد و فلاسک فقط تا ۶۰٪ پر شده بود، احتمال کمتری وجود داشت که این اتفاق بیفتد؛ زیرا فضای اصلی می‌توانست فشار ذخیره‌شده را بهتر تحمل کند.



شکل (۷-۳) فلاسک پسماند که در یک ظرف ثانویه قرار گرفته است
(تصویر از: Benjamín Ragnar Sveinbjörnsson)

شیشه‌های شکسته باید در ظروف مناسب مخصوص شیشه قرار داده شوند. برای به حداقل رساندن احتمال اینکه افراد به خودشان آسیب بزنند، سوزن‌ها و سایر پسماندهای نوک‌تیز باید در ظروف پسماند نوک‌تیز ریخته شوند (مراجعه به شکل (۷-۳)).

پسماند آزمایشگاه‌هایی که با مخاطرات زیستی از جمله میکروب‌ها، نمونه‌های خون و بافت، و حیوانات کار می‌کنند، باید پیش از اینکه برای سوزاندن یا دفن ارسال شوند، براساس نوعشان طبقه‌بندی شوند.



شکل (۷-۳) نمونه‌ای از ظرف پسماند نوک‌تیز (تصویر از: Sveinbjörn Gizurarson)

پسماندهایی که حاوی ترکیبات رادیواکتیو هستند، باید پیش از دفع حداقل به مدت ۱۰ نیمه عمر در یخچال یا فریزر نگهداری شوند (در صورت امکان). قوانین ویژه‌ای نیز درباره پسماندهای رادیواکتیو وجود دارد که در ادامه به تفصیل بیشتر به آن‌ها پرداخته خواهد شد.

طبقه‌بندی مواد شیمیایی خطرناک

مواد شیمیایی که ما در آزمایشگاه با آن‌ها کار می‌کنیم، اغلب سمی، دارای مخاطرات بهداشتی، خورنده، قابل اشتعال، سرطان‌زا و به‌طور کلی از بسیاری جهات خطرناک هستند. وقتی نوبت به طبقه‌بندی آن‌ها می‌رسد، می‌خواهیم خطرات بیشتر این ترکیبات و قرار گرفتن در معرض آن‌ها را به حداقل برسانیم؛ از این رو، باید رفتار شیمیایی و واکنش‌پذیری آن‌ها را در نظر بگیریم تا مخلوط شدن آن‌ها منجر به فعل و انفعالات دیگر با سایر پسماندها که ممکن است خطرات بیشتری ایجاد کنند، نشود.

بخش ۱۳ اوراق اطلاعات ایمنی (جدول (۴-۱)) حاوی اطلاعاتی درباره ملاحظات دفع است. حتماً آن بخش را بخوانید تا بتوانید در صورت لزوم اقدامات احتیاطی مناسب را انجام دهید. وقتی صحبت از طبقه‌بندی پسماندهای شیمیایی می‌شود، معمولاً با جداسازی آن‌ها

براساس پسماند جامد یا مایع شروع می‌کنیم. به خاطر داشته باشید که ظروف را به‌طور واضح برچسب بزنید که حاوی چه نوع پسماندی است.

معمولاً سازگاری‌های شیمیایی که باید در نظر داشته باشیم، از دستورالعمل‌های مشابه سازگاری شیمیایی برای ذخیره‌سازی پیروی می‌کنند، اگرچه درباره پسماندها اغلب به تفکیک بیشتری نیاز داریم. در اینجا چند دستورالعمل وجود دارد که براساس توصیه‌های آژانس حفاظت از محیط‌زیست ایالات متحده می‌توانند مفید باشند.

✓ **اسیدها و بازها** را نباید در ظروف پسماند با هم مخلوط کرد. آن‌ها می‌توانند به‌شدت با یکدیگر واکنش نشان دهند و گرما تولید کنند. در بعضی موارد خنثی‌سازی می‌تواند امکان دفع آسان‌تر را ممکن سازد. این خنثی‌سازی باید به‌دقت انجام شود؛ زیرا ممکن است به خودی‌خود واکنش شدید با گرما و گازهای تولیدشده ایجاد کند.

✓ **فلزات قلیایی، آلومینیوم، روی و سایر فلزات واکنش‌پذیر / هیدروکسیدهای فلزی** نباید با هیچ اسید یا باز موجود در پسماندها مخلوط شوند. مخلوط این‌ها می‌تواند منجر به تولید گاز هیدروژن و در نهایت آتش‌سوزی و / یا انفجار شود.

✓ **الکل و آب** به‌طور کلی نباید با فلزات قلیایی خالص یا هیدریدهای فلزی مخلوط شوند. این عمل می‌تواند منجر به واکنش‌های شدید با نتایج انفجاری شود. همچنین نباید با اسیدها یا بازهای غلیظ در ظروف پسماند مخلوط شوند؛ زیرا اغلب می‌توانند گرمای زیادی ایجاد کنند. مواد شیمیایی کلردار به‌ویژه عوامل ایجاد کلر مانند PCL3 و SOCL2 و سایر پسماندهای واکنش‌دهنده با آب نیز باید از پسماند الکلی / آبی جدا شوند؛ زیرا می‌توانند منجر به تولید گازهای قابل اشتعال یا سمی و همچنین آتش‌سوزی، انفجار یا تولید گرما شوند.

✓ **ترکیبات آلی و حلال‌ها** (مانند آلدئیدها، هیدروکربن‌های هالوژنه، هیدروکربن‌های نیترا ته و هیدروکربن‌های غیراشباع) به‌خصوص ترکیبات آلی واکنش‌پذیر، باید از اسیدها و بازهای غلیظ و همچنین از فلزات واکنش‌پذیر مانند فلزات قلیایی، آلومینیوم

و روی جدا شوند، در غیر این صورت می‌توانند منجر به واکنش شدید، آتش‌سوزی یا انفجار شوند.

- ✓ **مخلوط‌های سیانید و سولفید** نباید با اسیدها مخلوط شوند؛ زیرا مخلوط شدن آن‌ها می‌تواند گازهای سیانید هیدروژن یا سولفید هیدروژن تولید کند که سمی هستند.
- ✓ **عوامل اکسیدکننده** مانند کلرات‌ها، کلریت‌ها، هیپوکلریت‌ها، نیترات‌ها، پرکلرات‌ها، پرمنگنات‌ها و پراکسیدها باید از اسیدها اعم از آلی و معدنی جدا شوند. همچنین باید جدا از فلزات واکنش‌پذیر، مخلوط‌های سیانید و سولفید و به‌طور کلی مواد قابل اشتعال دفع شوند. اکسیدکننده‌ها اشتعال‌پذیری بسیاری از این ترکیبات را افزایش می‌دهند و مخلوط شدن آن‌ها می‌تواند منجر به واکنش‌های شدید، آتش‌سوزی یا انفجار شود.

مخلوط شدن تصادفی اسیدهای معدنی با حلال‌های آلی^۱

اسید نیتریک یک اکسیدکننده قوی است که می‌تواند به‌شدت با بسیاری از ترکیبات از جمله ترکیبات آلی واکنش نشان دهد. زمان واکنش می‌تواند از چند دقیقه تا چند روز متفاوت باشد و زمانی که در ابتدا هیچ مشکلی با مخلوط کردن آن‌ها مشاهده نمی‌شود، می‌تواند احساس امنیت کاذب ایجاد کند؛ بنابراین، باید از تجربیات دیگران در این زمینه درس بگیریم.

در سال ۲۰۱۵ دانشجویی مقداری شوینده اسید نیتریک را به یک بطری پسماند شیشه‌ای اضافه کرد. بطری قبلاً حاوی متانول و دی‌متیل گلیوکسیم بود. سپس درب بطری بسته و واکنشی شروع شد که منجر به ایجاد فشار در داخل فلاسک شد. در نهایت، چند روز بعد هنگامی که دانشجوی دیگری سعی کرد آن را باز کند، بطری منفجر شد و سه دانشجوی کارشناسی و یک دستیار آموزشی در دانشگاه فناوری تگزاس مجروح شدند.

متأسفانه این نوع حوادث در مواردی که ظروف پسماند یا محتویات آن‌ها به‌دلیل مخلوط شدن مواد شیمیایی ناسازگار منفجر می‌شود، بسیار رایج است.

۱. این مورد از سندی آموخته‌شده درباره دفع ایمن پسماندهای حاوی اسید نیتریک از مؤسسه بهداشت و ایمنی محیط زیست Yale استخراج شده است؛ آخرین دسترسی ۳۱ اکتبر ۲۰۲۱.

در برخی نقاط پسماندهای هالوژنه نیز از پسماندهای غیرهالوژنه جدا می‌شوند. پسماندهای شیمیایی در نهایت سوزانده شده و اگر پسماند حاوی هالوژن‌ها باشد، حتی اگر فقط یک نمک در حلال غیرهالوژنه باشد، به تصفیه بیشتری نیاز دارد.

به‌طور کلی، اطمینان یابید که اوراق اطلاعات ایمنی را برای الزامات دفع مطالعه کرده‌اید. به ناسازگاری‌ها توجه داشته باشید و تا آن‌جا که می‌توانید با رعایت قوانین و مقررات مؤسسه و موقعیت مکانی خود پسماندها را به‌دقت برچسب‌گذاری کنید. اگر پسماندها حاوی مواد شیمیایی ناشناخته باشند، هزینه دفع آن‌ها بیشتر می‌شود؛ زیرا به تصفیه ایمن بیشتری برای شرکت‌های دفع نیاز دارد.

دفع نمونه‌های بیولوژیکی و مخاطرات زیستی

پسماند آزمایشگاه‌هایی که افراد در آن با خطرات بیولوژیکی سروکار دارند، می‌تواند به اندازه پسماندهای آزمایشگاه‌های دیگر متنوع باشد. نمونه‌های بیولوژیکی مانند سرم، بزاق، نمونه-برداری‌ها، رده‌های سلولی و میکروب‌ها همگی پسماندهایی هستند که به‌طور بالقوه می‌توانند عفونی باشند و باید به‌طور مناسب دفع شوند. تمام پسماندهای آزمایشگاه‌هایی که افراد در آن با نمونه‌های بیولوژیکی، میکروب‌ها، مخاطرات زیستی و ارگانیسم‌های جهش‌یافته ژنتیکی کار می‌کنند، باید پیش از دفع با استفاده از اتوکلاو استریل شوند تا هیچ‌گونه میکروب یا عوامل عفونی در نمونه‌ها باقی نماند. اگر خطر عفونت در این نمونه‌ها وجود نداشته باشد، می‌توان آن‌ها را بدون هیچ‌گونه مرحله پیش‌تصفیه خاصی دفع کرد.

اغلب ضایعات بیولوژیکی مانند نمونه‌های خون، نمونه‌های بافت یا بیوپسی، در کیسه‌های مخصوص دفع می‌شوند (شکل (۷-۴)). در چنین مواردی کیسه‌هایی وجود دارد که از مواد پلاستیکی ضخیم ساخته شده و به‌وضوح به‌عنوان پسماندهای بیولوژیکی برچسب‌گذاری شده-اند و اغلب در فریزر نگهداری می‌شوند تا زمانی که اتوکلاو شده و از طریق دفن یا سوزاندن دفع شوند. پسماندهایی که شامل میکروب‌ها یا نمونه‌برداری‌های عفونی هستند، باید همیشه پیش از دفع با استفاده از اتوکلاو ضدعفونی و/یا استریل شوند.



شکل (۷-۴) نمونه‌های بیولوژیکی پیش از دفع در کیسه پسماند مناسب قرار می‌گیرند. متن ایسلندی روی کیسه به معنای «مواد عفونی - سوزانده شود» است (تصویر از: Sveinbjörn Gizurarson).

دفع مواد رادیواکتیو

برای پسماندهای رادیواکتیو قوانین و مقررات داخلی و بین‌المللی اعمال می‌شود. این موارد درباره گازهای رادیواکتیو، محلول‌ها، جامدات، سوزن‌ها، شیشه، اجسام نوک‌تیز و نمونه‌های بیولوژیکی کاربرد دارند. برای پسماندهای رادیواکتیو قوانین طبقه‌بندی مشابهی مانند سایر پسماندها اعمال می‌شود. باین‌حال باید نظارت دقیقی بر میزان مواد رادیواکتیویته مجاز برای دفع روزانه، هفتگی یا ماهانه وجود داشته باشد.

اگر کل فعالیت هسته‌های تابشی β و γ کمتر از 10 kBq/kg و کل فعالیت هسته‌ای تابشی α کمتر از 1 kBq/kg باشد، پسماند رادیواکتیو محسوب نمی‌شود. یک قانون مرجع کلی این است که بیش از 10 کیلوگرم را در یک زمان دفع نکنیم. اگر محلول حاوی کمتر از 10 Bq/mL بوده و هسته تابشی α نداشته باشد، مایع سنتیلاتور (مایع سوسوزن) رادیواکتیو محسوب نمی‌شود. باین‌حال دفع مایعات سنتیلاتور که شامل ایزوتوپ‌های ^3H و ^{14}C هستند، تا زمانی که فعالیت آن‌ها از 100 Bq/mL تجاوز نکند، مجاز است.

ممکن است در قوانین و مقررات بین‌المللی محلی یا سازمانی درباره اینکه چه مقدار پسماند رادیواکتیو را می‌توان در یک زمان دفع کرد و همچنین چه مقدار پسماند رادیواکتیو

انباشته مجاز به دفع در ماه یا سال است، تفاوت‌هایی وجود داشته باشد. از مقررات کشور و مؤسسه خود مطلع شوید و از آن پیروی کنید.

اگر پسماند دیگر خاصیت رادیواکتیویته نداشته باشد، به یاد داشته باشید پیش از دفع برچسب مواد رادیواکتیو روی ظرف را بردارید. این موضوع درباره پسماندهایی که پیش‌تر رادیواکتیو بودند، اما رادیواکتیویته خود را از دست داده‌اند یا حتی اگر ظرف آن‌ها خالی باشد نیز، صدق می‌کند. برچسب‌های نادرست روی پسماندها می‌تواند باعث سردرگمی، ترس، یا ناراحتی در بین کارگران جمع‌آوری پسماند شود.

بسیاری از مواد رادیواکتیو که در آزمایشگاه‌ها استفاده می‌شوند، عمر کوتاهی دارند. توصیه می‌شود پسماندهای رادیواکتیو را تا ۱۰ نیمه عمر در یخچال یا فریزر نگهداری کنید. در طول این مدت رادیواکتیویته به تقریباً $1/1000$ از آنچه در ابتدا بود، کاهش می‌یابد. پس از ۲۰ نیمه عمر، میزان رادیواکتیویته تقریباً به $1/1000000$ کاهش می‌یابد. پس از این مدت مواد نباید به هیچ‌وجه رادیواکتیویته داشته باشند و می‌توانند مانند هر پسماند دیگری دفع شوند. نمونه‌ای از آن ^{32}P است که توصیه می‌شود آن را به مدت ۱۴۴ روز در یک ظرف سربی نگهداری کنید. پس از این مدت می‌توان آن را به همراه سایر پسماندهای شیمیایی دفع کرد. این مورد درباره ایزوتوپ‌هایی با نیمه عمر بسیار طولانی (برای مثال، سال‌ها یا دهه‌ها) صدق نمی‌کند.

دفع پسماندهای سازمانی

اغلب سازمان‌ها دارای مکانی مخصوص هستند که پسماندهای خطرناک در آن مکان جمع‌آوری می‌شوند. این مورد امکان جمع‌آوری آسان از سازمان شما به مقصد نهایی، دفع/سوزاندن مناسب را فراهم می‌کند. برخی از سازمان‌ها خود مسئول دفع/سوزاندن نهایی پسماندهای سازمانی خود هستند، درحالی‌که سایر سازمان‌ها با شرکت‌های خارجی که خدمات دفع پسماندهای خطرناک را ارائه می‌دهند، قرارداد می‌بندند. در هر شرایطی مهم است بدانید پسماندهای خطرناک خود را کجا (و چگونه) باید بگذارید تا جمع‌آوری شوند. به خاطر داشته باشید زمانی که شک دارید، با سرپرست یا همکار خود مشورت کنید.

فصل هشتم:

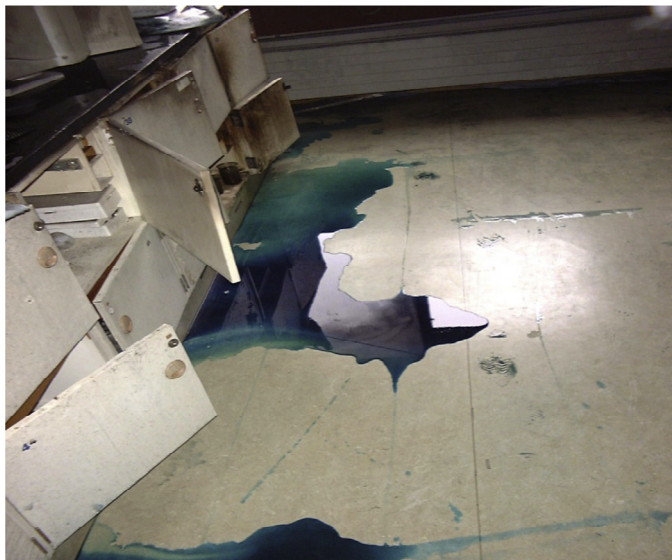
نشت مواد شیمیایی، بیولوژیکی و رادیواکتیو

مقدمه

نشت مواد شیمیایی احتمالاً شایع‌ترین حادثه در آزمایشگاه‌ها است و همیشه خطر نشت وسیع‌تر نیز وجود دارد. مانند حوادث اولین عکس‌العمل مهم است. نشت‌های شیمیایی کوچک را می‌توان به راحتی توسط کارمندان یا دانشجویان، بدون خطر یا کم‌خطر پاک‌سازی کرد، اما نشت‌های بزرگ‌تر نیاز به آموزش دارند. برای هر نشت پیش از پاک‌سازی باید ارزیابی خطر انجام شود. آیا به تجهیزات حفاظت فردی نیاز دارید؟ افرادی که در پاک‌سازی نشت‌های بزرگ شرکت می‌کنند، باید آموزش مستندی در زمینه پاک‌سازی نشت‌ها و مدیریت پسماند داشته باشند.

پس از اطمینان از اینکه هیچ فردی آسیب ندیده است، ابتدا باید گسترش بیشتر نشت را به حداقل رساند و به دنبال آن پاک‌سازی و دفع پسماند را آغاز کرد. در نشت‌های کوچک، حوله‌های کاغذی مهم‌ترین ماده برای پاک‌سازی منطقه هستند، تا زمانی که با مواد ریخته شده واکنش نشان ندهند. از مواد جاذب یا مواد خنثی کننده نیز می‌توان با پاشیدن روی محل نشت پیش از پاک‌سازی آن استفاده کرد. جنبه‌های مختلفی وجود دارد که باید در رابطه با نشت‌ها در نظر بگیریم. ماهیت ترکیب چیست؟ مایع آبی یا یک حلال آلی، جامد، نیمه جامد، گاز، بخارات، بیولوژیکی یا رادیواکتیو است. آیا سمی، خورنده، مسری یا کشنده است؟ چه اتفاقی می‌افتد اگر چندین ترکیب در یک نشت مخلوط شوند؟ (شکل ۸-۱)

شرکت‌ها، سازمان‌ها و دانشگاه‌ها باید پروتکل‌هایی درباره نحوه رسیدگی به انواع مختلف نشت براساس مقدار نشت و موقعیت مکانی بنویسند. هر کارمندی برای پاسخ به نشت‌ها باید آموزش ببیند. مدیران آزمایشگاه نیز باید به خوبی آموزش ببینند.



شکل (۸-۱) هنگامی که آتش در آزمایشگاه خاموش شد، آتش‌نشانان وارد آزمایشگاه شدند و مایعی را روی زمین دیدند که حاوی مواد شیمیایی ناشناخته یا مخلوطی از مواد شیمیایی بود (منبع: سازمان آتش‌نشانی و نجات بزرگ ریکیاویک).

ظروف شیمیایی^۱

دو ظرف شیمیایی نیمه‌خالی مختلف در سطل زباله معمولی در دو ساختمان جداگانه قرار داده شدند. سپس این ظروف شیمیایی توسط همان وسیله نقلیه زباله جمع‌آوری شدند و زمانی که دو ظرف کنار هم قرار گرفتند، منجر به آتش‌سوزی شدند. آتش‌سوزی باعث شد کارگر کامیون بر اثر دود نیاز به فوریت‌های پزشکی داشته باشد. ماهیت دود (بخارات) تا زمانی که بعداً امکان بازیابی ظروف فراهم شد، ناشناخته بود. مهم است که ظروف، جاذب‌ها، و حوله‌های کاغذی آلوده به مواد شیمیایی را جدا نگه دارید و آن‌ها را با پسماندهای دیگر مخلوط نکنید. مسئولان حمل پسماند ممکن است با دیدن ظروف با نام شیمیایی یا برچسب خطرات شیمیایی مانند برچسب رادیواکتیو بسیار نگران شوند.

^۱. این مورد از موارد اضطراری (Furr.A.K (فصل ۲) در کتاب ایمنی در آزمایشگاه نسخه ۵ام استخراج شده است.

اولین پاسخ به نشت مواد شیمیایی

نشت‌های کوچک و بزرگ می‌توانند خطرناک باشند. اسیدها و بازهای قوی خورنده هستند و می‌توانند باعث سوختگی شیمیایی جدی شوند. سایر مواد شیمیایی مانند حلال‌های آلی به راحتی از طریق پوست، ریه‌ها و سایر سطوح جذب می‌شوند. بسیاری از ترکیبات بخاراتی از خود ساطع می‌کنند که می‌توانند به راحتی از طریق پوست، ریه‌ها، چشم‌ها و سایر سطوح جذب شوند؛ بنابراین، شما باید پوشش مناسب داشته باشید. لباس/پوست خود را با روپوش‌های مناسب مقاوم در برابر مواد شیمیایی بپوشانید. از عینک ایمنی (نه عینک معمولی)، دستکش‌های مقاوم در برابر مواد شیمیایی و در صورت نیاز از پوشش حفاظت تنفسی استفاده کنید. همچنین موهای خود را بپوشانید تا مواد شیمیایی جذب موهایتان نشوند.

تخلیه محل برای جلوگیری از قرار گرفتن دیگران در معرض مواد مهم است. با استفاده از جعبه نشت مواد شیمیایی که حاوی تجهیزات لازم برای محدود کردن انتشار است، توزیع

نشت را به حداقل برسانید. هنگامی که نشت پاک نشود، ممکن است به تبخیر شدن ادامه داده و در هوا پخش شود؛ به همین دلیل است که نشت مواد شیمیایی باید در اولین فرصت ممکن پاک‌سازی شود. در صورتی که بخشی از نشت روی خودتان ریخت، به مدت ۱۵ تا ۳۰ دقیقه آن را با آب بشوید. هنگام نزدیک شدن به نشت مواد شیمیایی به خاطر داشته باشید هرگز سلامتی خود را در معرض خطر قرار ندهید و سعی نکنید نقش یک قهرمان را بازی کنید. هنگام نزدیک شدن به محل نشت، در ابتدا باید چند نکته را در نظر بگیرید. یکی از آن‌ها مقدار نشت است. سازمان شما باید یک کیت نشت مواد شیمیایی برای کنترل نشت‌های کوچک و متوسط داشته باشد. اگر جعبه‌ای که به آن دسترسی دارید، نمی‌تواند مقدار نشت را کنترل کند یا اگر به کمک نیاز دارید، تماس بگیرید. درباره خود ترکیب چطور؟ این ترکیب چقدر سمی است؟ چه اتفاقی می‌افتد اگر روی پوست‌تان بریزد، آن را استنشاق کنید یا لب-هایتان به آن برخورد کند یا آن را بخورید؟ آیا تجهیزات حفاظت فردی لازم برای محافظت از خود در برابر بخارات احتمالی، گردوغبار، قطرات موجود در هوا یا سایر تماس‌های احتمالی با پوست، چشم‌ها یا ریه‌ها را دارید؟ همه این عوامل باید پیش از نزدیک شدن به محل نشت ارزیابی شوند.

کیت‌های نشت آزمایشگاهی

هر آزمایشگاهی باید دارای کیت نشت آزمایشگاهی باشد. این کیت‌ها به صورت بسته‌بندی‌های آماده موجود هستند یا اینکه می‌توانید خودتان آن را تهیه کنید. محتوای آن باید شامل موارد زیر باشد:

تجهیزات حفاظت فردی

- عینک ایمنی (و محافظ صورت). عینک ایمنی به اندازه کافی محافظت نمی‌کند.
- دستکش‌های نئوپرن با وزن سنگین، یا دستکش‌های دیگر بسته به نوع و ماهیت مواد شیمیایی موجود در آزمایشگاه



- روپوش‌های یکبار مصرف و/ یا پیش‌بند که موها را نیز می‌پوشانند.
- تجهیزات حفاظت تنفسی
- چکمه‌های مقاوم در برابر مواد شیمیایی (مانند چکمه‌های وینیل) یا روکش کفش

اقدامات پیشگیرانه

- حوله‌های جاذب که برای جلوگیری از گسترش بیشتر دورتادور محل نشت قرار داده می‌شوند.
- جاذب نشت کلی؛ مانند: گرانول‌ها، بالشتک‌های نشت یا پدهای جاذب حاوی جذب‌کننده‌های بی‌اثر.
- خنثی‌کننده‌ها ممکن است مهم باشند؛ مانند:
 - ✓ خنثی‌کننده‌های نشت اسید: بی‌کربنات سدیم، کربنات سدیم یا کربنات کلسیم.
 - ✓ خنثی‌کننده پایه (قلیایی): بی‌سولفات سدیم.
 - ✓ خنثی‌کننده برم: تیوسولفات سدیم (محلول ۵٪).
 - ✓ کیت جیوه مانند پودر ضد عفونی‌کننده جیوه.

ابزارها

- خاک‌انداز و اسکوپ پلاستیکی.
- کیسه‌های یکبار مصرف.

کارایی بالشتک‌های جاذب^۲

در سال ۱۹۸۰ مجله آموزش شیمی مقاله‌ای درباره کنترل نشت منتشر کرد. در این مقاله درباره آمادگی و اهمیت اینکه هر فردی که در آزمایشگاه کار می‌کند، می‌داند چگونه به نشت‌ها پاسخ نشان دهد، بحث شد. نویسندگان مقاله نشان دادند یک کیسه یا یک بالشتک حاوی ۳۰ گرم سیلیکات آمورف قادر به جذب ۲۵۰ میلی‌لیتر مایع است. کیسه‌های حاوی ۱۲۰ و ۴۸۰ گرم به ترتیب قادر به جذب ۱۰۰۰ میلی‌لیتر و ۴ لیتر بودند.

آن‌ها همچنین انواع مختلف مایعات را آزمایش کردند و بالشتک‌های ۳۰ گرمی را روی ۲۵۰ میلی‌لیتر آب، اسید نیتریک و حلال آلی قرار دادند. پس از ۳۰ ثانیه، بقایای نشت به ترتیب ۳/۲، ۴ و ۳ میلی‌لیتر بود. جاذب‌ها باید در هر آزمایشگاهی موجود باشند.

۲. این مورد از Renfrem M.M کنترل نشت در آزمایشگاه استخراج شده است.

پاسخ به نشت مواد شیمیایی

- نقش فرد در مرحله اول، تلاش برای به حداقل رساندن انتشار نشت با استفاده از حوله جاذب و به حداقل رساندن آسیب است.
- به افراد مربوطه اطلاع دهید؛ از این رو، مهم است که ایمنی خود را تضمین کرده و همچنین در صورت لزوم به دیگران درباره خطر احتمالی هشدار دهید.
- فرد پاسخ‌دهنده اول باید در محل بماند و در صورت امکان از گسترش بیشتر مواد شیمیایی جلوگیری کند. اگر می‌دانید ماده شیمیایی چیست، باید بررسی کنید که آیا خودتان می‌توانید نشت را پاک کنید یا نیازمند کمک گرفتن از تیم واکنش اضطراری هستید.

- تصمیم درباره کمک گرفتن از دیگران تحت تأثیر عواملی مانند اینکه میزان شناخت شما از ترکیب چقدر است؟ چقدر خطرناک است و چقدر ریخته شده است؟ می‌باشد. اگر به کمک نیاز دارید، فوراً اقدام کنید.
- اگر نمی‌دانید چه ماده شیمیایی ریخته شده است، بدترین حالت را در نظر گرفته و به دنبال کمک باشید. اگر نمی‌دانید ماده شیمیایی چیست، شروع به پاک‌سازی آن نکنید. منطقه را برای جلوگیری از گسترش بیشتر ببندید، برای کمک تماس بگیرید و در محل باقی بمانید.

گام‌های بعدی

- اگر می‌دانید ماده شیمیایی چیست، فوراً آن را با اقدامات مناسب پاک‌سازی کنید.
- با پوشیدن تجهیزات حفاظت فردی یکبارمصرف مناسب آماده شوید.
- مراقب باشید مناطق دیگر را آلوده نکنید. پیش از خروج از اتاق، لباس‌های محافظ خود را درآورد تا دستگاه‌های درب، شیر آب، حوله‌ها و غیره را آلوده نکنید. در صورت نیاز از دستکش دوتایی استفاده کنید.

در صورت نشت مایع

- اگر نشت کوچک باشد (مضر نباشد)، آن را با حوله کاغذی پاک کنید.
- توصیه می‌شود هنگام پاک‌سازی نشت‌ها از لبه‌های نشت شروع کرده و به سمت مرکز حرکت کنید تا آلودگی بیشتر را به حداقل برسانید.
- اگر ترکیب خطرناک یا نشت زیاد باشد، پیش از اینکه محل را با حوله کاغذی پاک کنید، باید از کیت نشت مواد شیمیایی یا جاذب‌هایی مانند گرانول‌های جاذب بی‌اثر، بالشتک‌ها یا پدها استفاده کنید. بسته به نوع ماده جاذب مورد استفاده، پاک‌سازی جاذب‌ها با استفاده از یک خاک‌انداز و برس راحت‌تر است.
- تمام حوله‌های کاغذی، گرانول‌ها، بالشتک‌ها یا پدهای آلوده را در کیسه یکبارمصرف دور بریزید.

در صورت نشت مواد جامد

- نشت را با استفاده از یک خاک‌انداز و بُرس پاک کنید، بدون اینکه مواد جامد را بیشتر از آنچه پیش‌تر ریخته شده پخش کنید.
- برای حذف ذرات جامد ریز، منطقه باید با یک حلال مناسب خیس شود و به روشی مشابه که در قسمت نشت مایعات توضیح داده شد، پاک شود.

پاک‌سازی نهایی

- تمام مواردی را که ممکن است آلوده شده باشند، بررسی کنید و از پاک بودن، عملکرد صحیح و معتبر بودن آن‌ها مطمئن شوید.
- بسته به نوع نشت ممکن است برخی از تجهیزات و اقلام دور ریخته شوند.
- تمام لباس‌های محافظ خود را درآورید. اگر لباس‌هایتان آلوده شده‌اند، فوراً آن‌ها را درآورید، پوست خود را بشویید و لباس تمیز بپوشید. ممکن است لازم باشد لباس‌های آلوده دور ریخته شوند.
- تمام اقلام آلوده مانند حوله کاغذی مورد استفاده برای پاک‌سازی باید در یک کیسه پلاستیکی یکبارمصرف قرار داده شوند.

اقدامات نهایی

- گزارشی بنویسید.
- با کمیته ایمنی محلی خود برای بررسی گزارش همکاری کنید. روش‌های اجرایی را بررسی کرده و در صورت نیاز اصلاحاتی را انجام دهید.
- بررسی کنید چه اشتباهی رخ داده است و چگونه می‌توان از تکرار چنین حادثه‌ای در آینده جلوگیری کرد.

مواد رادیواکتیو

نشت مواد شیمیایی که در آن مواد رادیواکتیو دخیل هستند، فقط باید توسط افراد آموزش دیده پاک شوند.

فرد پاسخ دهنده اول

پاسخ مشابه برای نشت‌های دیگر به استثنای این مورد مهم است. مطمئن شوید که دسترسی به شمارش گر گایگر یا سایر اقدامات برای ارزیابی آلودگی رادیواکتیو احتمالی روی میز، کف، دیوار، تجهیزات و غیره وجود دارد.

اگر مایع رادیواکتیو بریزد

- از همان اقداماتی که در بالا توضیح داده شد، استفاده کنید.
- هنگامی که پاک‌سازی ادامه دارد، میزان تشعشع را به‌طور منظم اندازه‌گیری کنید. همچنین تجهیزات نظافتی مانند حوله کاغذی را نیز آزمایش کنید.
- تشعشع را به‌طور منظم در طول پاک‌سازی اندازه‌گیری کنید، تا زمانی که تشعشع با پرتوهای پس‌زمینه محیط یکسان شود.
- اگر میزان تشعشع پس‌زمینه محیط قابل دستیابی نیست، یک «ماده سرد» (ماده غیر رادیواکتیو از همان نوع منبع نشت) بردارید، آن را روی منطقه نشت بریزید و به‌خوبی مخلوط کنید. سپس به پاک‌سازی ادامه دهید.
- در طول نظافت مطمئن شوید که منطقه به‌عنوان منطقه آلوده به‌خوبی برچسب‌گذاری شده است.
- در برخی موارد ممکن است لازم باشد سطحی را که نشت روی آن صورت گرفته است، بردارید.

چنانچه مواد رادیواکتیو جامد نشت کند

- از همان اقداماتی که در بالا توضیح داده شد، استفاده کنید.

- ناحیه برای ذرات ریز باید با حلال مناسب خیس شود و به روشی مشابه که در بالا برای نشت مایعات توضیح داده شد، پاک شود. اگر رادیواکتیویته را نمی‌توان حذف کرد از «ماده سرد» استفاده کنید و به پاک‌سازی ادامه دهید.
- با استفاده از یک شمارش‌گر گایگر یا تجهیزات مشابه، منطقه را به‌طور کامل بررسی کنید، تا زمانی که رادیواکتیویته مشابه پرتو پس‌زمینه محیط شود.

پاک‌سازی نهایی

- از اقدامات مشابه یادشده در بالا استفاده کنید.
- رادیواکتیویته کیسه یکبارمصرف را اندازه‌گیری کنید و رادیواکتیویته را به ازای هر کیلوگرم پسماند محاسبه کنید. با استفاده از اطلاعات مربوط به ایزوتوپ و نیمه عمر ممکن است بهتر باشد سطل پسماند را تا زمانی که رادیواکتیویته با تشعشعات پس‌زمینه یکسان شود، نگهداری کنید.
- هنگامی که رادیواکتیویته به تشعشعات پس‌زمینه رسید، تمام برچسب‌های رادیواکتیو را از کیسه‌های پسماند بردارید. اگر کارگرانی که پسماندها را جمع‌آوری می‌کنند، مواد بسته‌بندی را با برچسب رادیواکتیو ببینند، ممکن است چنین پسماندهایی را جمع-آوری نکنند. مطمئن شوید که نشت‌ها و پسماندها به‌درستی برچسب‌گذاری شده‌اند.

اقدامات نهایی

برای نشت مواد شیمیایی از اقدامات مشابه یادشده در بالا استفاده کنید.

قصور مسئولیت کارفرما^۳

در سال ۱۹۸۴ یک تکنسین آزمایشگاهی که در تأسیسات تولید سوخت هسته‌ای کار می‌کرد، از کارفرمای خود شکایت کرد که همکارانش در پاک‌سازی نشت مواد رادیواکتیو کوتاهی می‌کنند. او حتی با علامت-گذاری با نوار قرمز توجهات را به نشت جلب کرد. چند روز بعد، هنگامی که منطقه نشت پاک‌سازی نشده بود، او به شرکت اعتراض کرد.

اگرچه پس از آن، منطقه نشت پاک شد، اما شرکت تکنسین آزمایشگاه را به شغلی جدید و موقت منصوب و بعداً او را اخراج کرد.

نشت‌ها، خواه ماهیت مواد شیمیایی، رادیواکتیو یا بیولوژیکی داشته باشند، خطری برای سلامتی هستند و حتی می‌توانند تهدیدکننده حیات باشند. پس هرگز نشت پاک‌سازی نشده را ترک نکنید. باید فوراً خودتان یا فرد متخصص دیگری آن را پاک‌سازی کنید. هرگز نشت را به نیروهای خدماتی واگذار نکنید، مگر اینکه آن‌ها برای این کار آموزش دیده باشند و آموزش به‌درستی مستند شده باشد.

۳. این مورد از Hukill, C. استخراج شده است.

خطرات بیولوژیکی

نشت‌های بیولوژیکی ممکن است حاوی مواد عفونی، خون، نمونه‌های بافتی یا میکروبی باشند؛ از این رو، مهم است که با اسپری کردن یک ماده ضدعفونی‌کننده روی منطقه ریخته‌شده شروع کنید. سپس بگذارید حدود ۲۰ دقیقه بماند. مراقب باشید هنگام خروج از اتاق دستگیره‌های درب، شیرآلات، حوله‌ها و غیره را آلوده نکنید. در این نوع شرایط همیشه از دستکش دوتایی استفاده کنید. سپس محل را با استفاده از یک حوله کاغذی پاک کنید. همان‌طور که در بالا توضیح داده شد، از لبه‌ها به داخل و به سمت مرکز شروع کنید.

حوله‌های کاغذی و سایر مواردی که برای پاک‌سازی استفاده می‌شوند، باید در کیسه مناسبی برای دفع مناسب قرار داده شوند. تمام پسماندها باید پیش از دفع با استفاده از اتوکلاو

استریل شوند. در نهایت تمام سطوح را دوباره با آب و صابون یا الکل پاک کنید. نظافت کاربر به خصوص شستن دست‌ها و صورت ضروری است.

آموزش

همه افرادی که در آزمایشگاه‌های شیمیایی یا بیولوژیکی کار می‌کنند، باید نحوه پاک‌سازی نشت مواد شیمیایی یا بیولوژیکی سطوح مختلف مانند چوب، پوشش، کف اتاق و فولاد ضدزنگ را آموزش ببینند. پس از آن برای اندازه‌گیری میزان تمیزی سطح، یک آزمایش سواب انجام دهید. این امر به‌ویژه برای افرادی که با مواد رادیواکتیو کار می‌کنند، مهم است.

چه نوع ماده‌ای با توجه به جدول راهنما در آزمایشگاه خود دارید و آیا به کیت نشت دسترسی دارید؟

فصل نهم:

حوادث

مقدمه

وقایع و نشت‌های کوچک شایع‌ترین اتفاقات ناگواری هستند که در آزمایشگاه‌ها با آن‌ها مواجه خواهید شد. همچنین زمانی که با دیگران کار می‌کنید، حوادث در اطراف شما اتفاق می‌افتد. حتی ممکن است هنگام شست‌وشوی روپوش آزمایشگاهی خود، سوراخ‌هایی را در پشت آن بیابید. این حوادث گاهی اوقات زمانی اتفاق می‌افتند که تعداد زیادی از دانشجویان با هم در یک آزمایشگاه کار می‌کنند. در صورت بروز حادثه، عکس‌العمل شما باید همیشه با آرامش، سنجیده و فوری باشد و ثانیه‌ها می‌توانند تعیین‌کننده باشند. اگر حادثه شامل مواد شیمیایی یا عفونی باشد، پاسخ فوری شما حیاتی است. در این بخش برای اینکه پاسخ شما چگونه باید باشد، راهنمایی خواهید شد و از دستورالعمل‌های سریع با تمرکز بر ارگان‌های مختلفی که ممکن است در معرض مواد شیمیایی قرار گیرند، پیروی خواهید کرد.

یک قانون تجربی این است که اگر شما اولین واکنش‌دهنده به حادثه هستید، با محافظت از خود شروع کنید. اگر نیاز به سم‌زدایی دارید، بهتر است از مؤثرترین ترکیب سم‌زدایی موجود یعنی آب استفاده کنید. فوراً و تا حد امکان از آب استفاده کنید یا تا زمانی که مطمئن شوید مواد شیمیایی را از منطقه در معرض قرار گرفته پاک کرده‌اید. همیشه برای کمک تماس بگیرید و سعی کنید مصدوم را در اولین فرصت به پزشک برسانید.

دستورالعمل‌های ساده درباره اقداماتی که باید در صورت وقوع حادثه انجام دهید

اولین فرد پاسخ‌دهنده

- برای جلوگیری از حوادث بیشتر وضعیت را ایمن کنید.
- کمک‌های اولیه را ارائه دهید و درخواست کمک کنید.
- ممکن است لازم باشد با شماره اضطراری تماس بگیرید. مکان دقیق خود را توصیف کنید و هنگام توصیف حادثه دقیق باشید. اطمینان یابید که فردی پشت درب منتظر خواهد بود تا درب را برای تکنسین‌های فوریت‌های پزشکی^۱ (EMTs) باز کند.
- تا رسیدن کمک از مصدوم مراقبت کنید.
- اگر مدیر یا سرپرست نمی‌تواند با مصدوم به بیمارستان برود، داوطلب همراهی با تکنسین‌های فوریت‌های پزشکی باشید.
- مطمئن شوید که اطلاعات تماس کافی (نام، آدرس و شماره‌تلفن) مصدوم را دارید.
- اگر حادثه شامل مواد شیمیایی یا مواد عفونی باشد، مهم است بتوانید اطلاعاتی درباره ماده شیمیایی یا عفونی که مصدوم با آن کار می‌کرد، ارائه دهید.

مراحل بعدی

- تا زمانی که موقعیت به اندازه کافی بررسی نشده است، چیزی را بیش از آنچه که برای ایمن‌سازی محل لازم است، جابه‌جا نکنید.
- نام شاهدان عینی حادثه را ثبت کنید.

اقدامات نهایی

- تمام جزئیات حادثه باید به کمیته ایمنی اطلاع داده شوند. سپس باید گزارش حادثه را تهیه کرده و در صورت لزوم در اختیار مقامات و منابع انسانی مناسب قرار دهید.

1. Emergency Medical Technicians

کمیت‌ه ایمنی باید آنچه را که اتفاق افتاده، آنچه را که اشتباه بوده و آنچه را که می‌توان برای بهبود ایمنی انجام داد، بررسی کند.

- در صورت وجود مواد شیمیایی یا عفونی باید بتوانید با مرکز کنترل سموم محلی که اطلاعات و مشاوره درباره ترکیبات و سموم مضر را ارائه می‌دهد، تماس بگیرید. اگر شک دارید، همیشه با خدمات اورژانس محلی خود تماس بگیرید.

نمونه‌هایی از حوادث

متأسفانه نمونه‌های زیادی از حوادث وجود دارند که در صورت رعایت اصول ایمنی می‌توان از بروز آن‌ها جلوگیری کرد. در زیر چند نمونه آورده شده است:

یک فوق دکتری با اسید سولفوریک غلیظ کار می‌کرد. مقداری اسید روی دستکش لاتکس وی ریخت و بلافاصله تمام دستکش سوخت. فرد دچار سوختگی درجه دو شد. اگر او دستکش نیتریل می‌پوشید، این اتفاق نمی‌افتاد.

یک دانشمند انگلیسی در حال اندازه‌گیری pH در یک فلاسک چهار لیتری با پسماندهای خطرناک بود که فلاسک روی زمین افتاد و خرد شد. متعاقباً وی روی زمین لغزنده لیز خورده و سرش به زمین خورد. سراسر بدنش با پسماندها پوشیده شد و علاوه بر آسیب جدی به چشم، دچار زخم‌های سوختگی بدی ناشی از مواد شیمیایی شد.

جوانی ۲۲ ساله کارمند آزمایشگاهی در ایالات متحده طی یک حادثه به عفونت هپاتیت B مبتلا شد. او در حال کار با نمونه‌های بیولوژیکی بود که هنگام حمل مواد/نمونه‌ها، قطره‌ای ناشناخته در چشمش افتاد. این قطره چشم او را آلوده کرد و چهار هفته بعد، ابتلا به هپاتیت B تشخیص داده شد. او عینک ایمنی به چشم نداشت.

در صورت آسیب به چشم باید سریع عمل کنید و مصمم باشید. مطمئن شوید که مصدوم به سمت ایستگاه شست‌وشوی چشم یا سینک (اگر ایستگاه شست‌وشوی چشم وجود نداشته باشد) هدایت می‌شود. چشم‌ها را زیر جریان آب بشوید. بهتر است از جریان آرام استفاده کنید تا خود جریان آب باعث آسیب بیشتر نشود. اگر به بطری‌های شست‌وشوی چشم دسترسی دارید، از آن‌ها استفاده کنید تا به ایستگاه شست‌وشوی چشم برسید.

همیشه از مصدوم بپرسید که آیا از لنز استفاده می‌کند یا خیر؟ اگر چنین است، لنزها را درآورد و به شست‌وشوی چشم با مقدار زیادی آب ادامه دهید.

وقتی چیزی وارد چشمانمان می‌شود، طبیعی است که چشم‌ها را نیمه‌باز کرده یا ببندیم و آن‌ها را بسته نگه داریم؛ بنابراین، مهم است با قرار گرفتن در پشت فرد، به مصدوم کمک کنید تا چشمانش را باز نگه دارد. همان‌طور که در شکل (۹-۱) نشان داده شده است، چشم‌های فرد آسیب‌دیده را به زور باز کنید. این امر به‌ویژه در مواردی که احساس سوزش یا سوختن ناشی از مواد شیمیایی در چشمان خود دارند، صدق می‌کند. وقتی چشم‌ها باز شد و شروع به شست‌وشوی چشم‌ها در زیر جریان آرام آب کردید، از مصدوم بخواهید چشم‌هایش را بچرخاند و حتماً پوست اطراف چشم را بشوید.

هنگامی که چشم‌ها در معرض خطر هستند، همیشه کمک بگیرید و تا رسیدن کمک چشم‌ها را بشوید. سعی نکنید چشم را با اسید یا باز سم‌زدایی یا خنثی‌سازی کنید. مهم است تا زمانی که یک پزشک یا تکنسین فوریت‌های پزشکی بتواند آن را کنترل کند، چشم را شست‌وشو دهید. حتی اگر رسیدن کمک تا ۲۰ دقیقه طول بکشد، شست‌وشو را ادامه دهید. اگر مصدوم از لنز استفاده می‌کند، مهم است فوراً آن را بردارید؛ زیرا مواد شیمیایی مانند حلال‌های آلی می‌توانند بین چشم و لنزها قرار گرفته و اجازه دهند که ماده شیمیایی به سطح چشم بچسبد و باعث آسیب بیشتر شود. وقتی چشم‌ها در معرض خطر هستند، نباید هیچ ریسکی انجام شود. اگر نمی‌دانید چگونه لنزها را بردارید، کمک بخواهید! برداشتن لنزها را به

تعویق نیندازید. فقط در شرایطی که متخصص به شما اطلاع دهد که این ترکیب برای چشم بی‌ضرر است، می‌توانید از شست‌وشوی چشم خودداری کنید.

برخی از آزمایشگاه‌ها ممکن است قطره‌های چشمی داشته باشند که می‌توانند به‌عنوان بی‌حس‌کننده موضعی عمل کنند. اگر سرپرست آزمایشگاه درباره استفاده از آن‌ها آموزش دیده باشد، می‌توان از آن‌ها استفاده کرد، زیرا شست‌وشو زیر جریان آب را آسان‌تر می‌کند.

اگر یک تکه شیشه شکسته وارد چشم کارمند یا دانشجویی شود، فرد مصدوم را باید نزد پزشک برد. تلاش برای جدا کردن تکه شیشه ممکن است باعث آسیب جدی به چشم شود؛ بنابراین، توصیه می‌شود چشم(ها) را با یک دستمال مرطوب بپوشانید و مصدوم را مستقیماً نزد پزشک متخصص ببرید.



شکل (۹-۱) در صورت آسیب دیدگی چشم حتماً مصدوم را به ایستگاه شست‌وشوی چشم هدایت کنید. به او کمک کنید چشمانش را باز نگه داشته تا جریان آب به چشمانش برسد، تا زمانی که کمک برسد (تصویر از: Birkir Eyþór Asgeirsson).

پس از آنکه مصدوم تحت مراقبت متخصصان پزشکی قرار گرفت، تمام تکه‌های شیشه باقی‌مانده را از روی زمین و میزها با دستمال کاغذی مرطوب تمیز کنید. منتظر نمانید تا فرد دیگری این کار را انجام دهد! و مواظب باشید جایی از بدن‌تان با خرده‌های شیشه بریده نشود. اگر نیاز به شکستن شیشه‌ای مانند آمپول دارید، ابتدا باید شیشه را با سوهان کمی خراش دهید (اگر از پیش علامت‌گذاری نشده باشد). سپس چند دستمال کاغذی را دور آن ناحیه بپیچید و انگشت شصت را مستقیماً زیر ناحیه خراشیده‌شده بگیرید. سپس آن را دور از خودتان بشکنید.

اگر به جدا کردن شیلنگ لاستیکی‌ای که روی یک تکه شیشه محکم شده است، نیاز دارید، می‌توانید آن را بچرخانید تا شل شود. مراقب استفاده از نیروی بیش از حد برای برداشتن شیلنگ باشید. گاهی بهتر است به جای تلاش برای جدا کردن، آن را قطع کنید؛ زیرا خطر شکستن شیشه بیشتر است.

استنشاق

استنشاق ترکیبات خطرناک می‌تواند تهدیدکننده حیات باشد؛ بنابراین، عکس‌العمل صحیح و سریع مهم است. فوراً برای کمک تماس بگیرید یا از کسی بخواهید با اورژانس تماس بگیرد. بسیاری از گازها محرکی قوی هستند؛ مانند: NO، NO₂، کلر و بخارات حاصل از برم اسیدها، بازها و غیره. همیشه مطمئن شوید که مصدوم فوراً به مکانی با هوای تازه منتقل شود؛ جایی که بتواند به‌طور عادی نفس بکشد. سعی کنید مصدوم را آرام نگه دارید، اما اگر برای تنفس نیاز به کمک دارد، آن را فراهم کنید. اگر نیاز به تنفس دهان‌به‌دهان دارید، اقدامات احتیاطی را انجام دهید و آلودگی احتمالی خود را نیز در نظر بگیرید. اگر فرد به اکسیژن نیاز دارد، در صورت وجود آن را فراهم کنید.

هرگز اجازه ندهید فرد دراز بکشد، حتی در حالت شوک، بلکه او را در حالت نشسته نگه دارید. این مسئله مهم است؛ زیرا اگر التهاب در ریه‌ها پس از استنشاق مواد خورنده رخ دهد، باعث تجمع مایع در ریه‌ها می‌شود. اگر فرد دراز کشیده باشد، تنفس او را تحت تأثیر قرار

می‌دهد و ممکن است باعث خفگی شود؛ به همین دلیل است که در حالت نشسته ماندن اهمیت دارد. التهاب اغلب حتی پس از معاینه به تأخیر می‌افتد و ممکن است پس از رسیدن به خانه، چندین ساعت بعد زمانی که فرد به رختخواب می‌رود، ظاهر شود؛ بنابراین، به‌شدت توصیه می‌شود که پس از یک حادثه استنشاقی، فرد مصدوم باید همیشه تا ۲۴ ساعت آینده تحت مراقبت فردی باشد.

همیشه ایمنی خود را در نظر بگیرید و مطمئن شوید که هوای آزمایشگاه ایمن است. هرگز سعی نکنید وارد قسمتی شوید که ممکن است حاوی خطرات احتمالی باشد. اگر خطری وجود دارد، مطمئن شوید که ابتدا فقط کارکنان آموزش‌دیده با تجهیزات مقاوم در برابر مواد شیمیایی وارد شده و منطقه را تهویه کنند. اگر امنیت خودتان به خطر بیفتد، ممکن است در نهایت به جای کمک به وضعیت، آسیب را بیشتر کنید.

از آنجاکه اثرات آسیب ممکن است تا ساعات زیادی پس از آن آشکار نشود، مصدوم باید در اولین فرصت به پزشک مراجعه کند، حتی اگر حادثه به نظر جدی نباشد. مصدوم پس از حادثه دو تا سه روز نباید هیچ‌گونه الکترولیت و مواد محرک مصرف کند.

اگر فرد سیانید (هیدروژن سیانید، سیانوژن یا ترکیبات مرتبط) تنفس کرد، باید در اولین فرصت یک پادزهر برای وی تجویز شود. اجازه دهید مصدوم آمپول نیتريت^۱ را تنفس کند و او را به هوای تازه ببرید و در صورت نیاز به تنفس او کمک کنید. در اولین فرصت مصدوم را نزد پزشک ببرید.

مواد شیمیایی خورنده قوی می‌توانند سبب التهابات تهدیدکننده حیات و تجمع مایع در ریه‌ها شوند که می‌تواند منجر به مرگ شود. این علائم ممکن است تا ۲۴ ساعت پس از حادثه ظاهر نشوند. گازها و گردوغبارهای مختلف می‌توانند مانند اسیدها و بازها به ریه‌ها آسیب بزنند.

۱. آمپول نیتريت باید هنگام کار با سیانید در دسترس باشد. در صورت بروز حادثه، آمپول آمپول نیتريت را بشکنید و به مصدوم اجازه دهید آن را تنفس کند. حداکثر تا پنج آمپول با فاصله چند دقیقه بین هر کدام استفاده کنید.

تمام مواد شیمیایی که محرک یا خورنده هستند، می‌توانند باعث این نوع التهاب یا تجمع مایع در ریه‌ها شوند. هنگامی که فردی گازهای خطرناک استنشاق می‌کند، ممکن است بلافاصله واکنش‌های شدیدی مانند سرفه یا مشکلات تنفسی را مشاهده کنید. پس از آن ممکن است فرد یک دوره طولانی را طی کند تا احساس سلامتی پیدا کند که می‌تواند از چند ساعت تا ۲۴ ساعت طول بکشد، اما پس از آن ممکن است مایع در ریه‌ها شروع به تجمع کند که انباشتگی مایعات در داخل ریه بسیار خطرناک است.

گازهای بسیار خطرناک دیگر شامل مونوکسید کربن، سولفید هیدروژن و بخارات جیوه هستند.

گوارشی

خوردن ترکیبات خطرناک چندان رایج نیست، اما اگر فردی ترک‌گ طیب خطرناکی را بلعید، باید دهان به‌دقت شسته شود و در صورت امکان مطمئن شوید که مصدوم یک لیوان آب یا شیر بنوشد.

اغلب اولین عکس‌العمل، وادار کردن فرد به استفراغ است. با این حال این موضوع به برخی از دستورالعمل‌های مرکز مسمومیت وابسته است و درباره تمامی موارد صادق نیست؛ برای مثال، وادار کردن فرد به استفراغ در صورت مصرف ترکیبات خورنده اکیداً ممنوع است؛ زیرا ماده خورنده مری را در مسیر رو به پایین می‌سوزاند و دوباره آن سوزش را در مسیر رو به بالا بدتر می‌کند. همچنین هرگز سعی نکنید اسیدها یا بازهای قوی داخل معده را خنثی کنید؛ زیرا گرمای شدید ایجاد می‌کند و باعث سوختگی شدید در داخل معده فرد می‌شود یا دی‌اکسید کربن (CO_2) تولید می‌کند که باعث آسیب بیشتر از آنچه قبلاً اتفاق افتاده است، می‌شود.

همچنین در صورت مصرف حلال‌های آلی، فرد را وادار به استفراغ نکنید. هنگام استفراغ خطر ورود حلال به ریه‌ها و ایجاد پنومونی ناشی از مواد شیمیایی که می‌تواند منجر به کمبود اکسیژن، التهاب و مرگ شود، زیاد است. همیشه مهم است که بیمار را در اولین فرصت نزد پزشک ببرید.

اگر مصدوم به تنهایی شروع به استفراغ کرد، آن را متوقف نکنید. همیشه مطمئن شوید که به نزدیک‌ترین مرکز مسمومیت دسترسی دارید. مصدوم را در اولین فرصت نزد پزشک ببرید. اگر ماده شیمیایی ناشناخته است یا این گمان وجود دارد که بلع بخشی از اقدام به خودکشی بوده است، ممکن است لازم باشد برای تجزیه و تحلیل بیشتر از معده نمونه‌برداری شود.

تماس پوستی

همیشه ایمنی خود را حفظ و از دستکش مناسب استفاده کنید. هنگامی که یک ترکیب خطرناک روی پوست ریخته می‌شود، باید بلافاصله با آب زیادی شسته شود. اگر نشت قسمت قابل توجهی از پوست را پوشانده است، مستقیماً زیر دوش اضطراری بروید. تمام لباس‌های آلوده را درآورید. به خنثی کردن آن قسمت فکر نکنید، بلکه کمک بگیرید و از کسی بخواهید با شماره اورژانس تماس بگیرد. شست‌وشو را تا رسیدن کمک ادامه دهید.

فقط در مواردی که بی‌ضرر بودن ترکیب مشخص شود، دست کشیدن از شست‌وشو قابل قبول است. در صورت امکان، آب ولرم ترجیح داده می‌شود. هرگز از آب داغ استفاده نکنید. آب داغ می‌تواند منافذ پوست را باز کند و جذب را از طریق پوست افزایش دهد. با این حال، آب سرد منافذ را می‌بندد که می‌تواند منجر به گیر افتادن ترکیبات در داخل منافذ شود.

لباس‌های تن را در آورید^۲

کامیونی در حال آوردن کلبه به انبار مواد شیمیایی در یکی از استخرهای شنا در شرق ایسلند بود. متأسفانه راننده کامیون اسید استیک را در مخزن کلبه ریخت که منجر به تولید گاز کلبه شد. افرادی که در منطقه کار می‌کردند، بلافاصله متوجه شدند که مشکلی وجود دارد؛ زیرا هنگام تنفس احساس سوزش کرده و شروع به سرفه کردند و بعضی از آن‌ها به زمین افتادند. منطقه بلافاصله تخلیه شد و همه به نزدیک‌ترین بیمارستان منتقل شدند.

حالا بعد از گذشت چند سال، یک نفر هنوز به شدت تحت تأثیر گاز کلبه قرار گرفته است. او تنها کسی بود که در زمان حادثه دوش نگرفت و لباسش را عوض نکرد. گاز کلبه به لباس او نفوذ کرد و منجر به جذب مداوم کلبه در سراسر پوست شد. اگر لباس‌هایش را درآورده بود، منبع کلبه را از بین می‌برد.

۲. این مورد از یک خبر ایسلندی استخراج شده است (ترجمه انگلیسی: حادثه گاز کلبه در استخر اسکیفورد ناشی از ریختن تصادفی اسید استیک در مخزن کلبه استخر: بهتر از چیزی که به نظر می‌رسید، به پایان رسید).

Morgunbladid, June 28th, 2006. Last accessed October 31st, 2021.

سوختگی‌های اسیدی باعث ایجاد زخم‌های مهیب می‌شوند و پوست شروع به کنده شدن می‌کند؛ از سوی دیگر، بازها می‌توانند عمیق‌تر وارد بافت زیر پوست شده و باعث آسیب به لایه چربی شوند؛ بنابراین، مهم است که محل را به خوبی و برای مدت طولانی بشوید. سعی نکنید از پادزهر استفاده کنید یا ناحیه را سم‌زدایی کنید، مگر اینکه پادزهری برای ترکیبی که با آن کار می‌کنید، طراحی شده باشد. در صورتی که با اسید هیدروفلوئوریک (HF) یا فلوراید (F) در

برخی اشکال کار می‌کنید، ممکن است به پادزهر نیاز داشته باشید. در محل‌هایی که با این ترکیبات کار می‌شود، باید همیشه پادزهرها به راحتی در دسترس داشته باشند^۱.

اگر خالکوبی روی پوست نزدیک به مفاصل باشد، باید حتماً توسط پزشک انجام شود؛ زیرا جای زخم روی پوست ممکن است منجر به محدودیت حرکت پوست در این ناحیه شود. درباره نشت اسید/ باز می‌توان با استفاده از کاغذ تورنسل (کاغذ pH) بررسی کرد که آیا ناحیه به اندازه کافی شسته شده است یا خیر. حداقل ۳۰ ثانیه صبر کنید و سطح pH را اندازه بگیرید. اگر pH کمتر از شش (برای اسیدها) یا بیشتر از هشت (برای بازها) بود، شست‌وشو را ادامه دهید و پس از یک دقیقه آزمایش را تکرار کنید.

به خاطر داشته باشید ترکیبات خاصی مانند حلال‌های آلی و محلول‌های حاوی سیانید سدیم می‌توانند بدون حس کردن آن‌ها از روی پوست عبور کنند؛ بنابراین، مهم است که هوشیار و مراقب باشید.

سوختگی و سرمازدگی

به یاد داشته باشید هنگام کار با دماهای شدید، با دستکش مناسب از خود محافظت کنید. اگر دچار سوختگی شدید، محل سوختگی باید بلافاصله با آب جاری خنک شود. این کار را می‌توان در لگن یا زیر دوش اضطراری انجام داد. لباس‌های سوخته باید در اولین فرصت خارج شوند. در بریدن لباس از آن ناحیه تردید نکنید. با آب بشویید تا زمانی که احساس درد از بین برود، حتی اگر ساعت‌ها طول بکشد یا تا زمانی که پزشک آن را درمان کند. آب را روی دمای مناسب تنظیم کنید. همین عکس‌العمل برای روغن یا چربی داغ باید صورت گیرد.

۱. اگر با فلوراید کار می‌کنید، از ژل گلوکونات کلسیم یا محلول گلوکونات کلسیم استفاده کنید. شستن کامل ناحیه با چنین محلولی با استفاده از یک حوله مرطوب یا یک حوله کاغذی در کیسه پلاستیکی بسیار مهم است. اگر پادزهر در دسترس نبود، از آب زیادی برای شست‌وشو استفاده کنید.

در صورت سرمازدگی نیز همان عکس‌العمل صورت بگیرد، اما به جای خنک کردن، از آب ولرم استفاده کنید و تا زمانی که درد از بین نرود، دست از کار نکشید. ترجیحاً منطقه سرمازده را نبندید.

سوراخ شدن پوست با سوزن

در صورت سوراخ شدن پوست با سوزن، بلافاصله آن را گزارش دهید. در تمام موارد زخم را بلافاصله با آب و صابون بشوید و با الکل یا محلول ید دو درصد ضدعفونی کنید. در برخی موارد، شروع سریع درمان دارویی مناسب مانند آنتی‌بیوتیک‌ها یا داروهای ضدویروسی می‌تواند مهم باشد. در صورتی که با خون یا نمونه بیولوژیک کار می‌کنید، نمونه به همراه مصدوم باید برای آزمایش ویروس نقص ایمنی انسانی (HIV) و ویروس هپاتیت C (HCV) به نزدیک‌ترین بیمارستان منتقل شود. در صورت نیاز به شروع درمان ضروری است بلافاصله در عرض ۲۴ ساعت انجام شود. درمان در سوراخ‌های ناشی از سوزن در مراقبت‌های بهداشتی اولویت دارد (شکل ۹-۲). اگر سوزن حاوی ترکیبات آلی یا حلال بود، باید مصدوم را در اولین فرصت به محل مراقبت‌های پزشکی برسانید. نمونه‌هایی با حتی کمتر از ۱۰۰ میلی‌لیتر دی‌کلرومتان وجود دارند که پس از سوراخ کردن با سوزن باعث آسیب جدی به انگشت می‌شوند. تمام حادثه باید به کمیته ایمنی و بخش منابع انسانی گزارش شود.



شکل (۹-۲) سوراخ‌های ناشی از سوزن باید فوراً درمان شوند
(تصویر از: Sveinbjörn Gizurarson).

دوش اضطراری

دوش اضطراری باید زمانی استفاده شود که ناحیه آلوده برای سینک ظرفشویی بسیار بزرگ است یا لباس‌هایتان آلوده شده است، همچنین اگر لباس یا موهایتان آتش گرفته باشد. همیشه به فرد درگیر در حادثه کمک کنید و او را زیر دوش اضطراری ببرید. دوش را باز کنید و تمام لباس‌هایی را که ناحیه آلوده یا سوخته را می‌پوشانند، درآورید. در صورت نشت مواد شیمیایی، برای اطمینان از عدم گیر افتادن ترکیبات در لباس، تمام لباس‌ها باید خارج شوند. در غیر این صورت ممکن است مواد شیمیایی به سراسر پوست منتقل شوند.

به حریم شخصی مصدوم احترام بگذارید و در عین حال به او کمک کنید. این کار را می‌توان با نگه‌داشتن یک روپوش آزمایشگاهی اضافی برای محافظت از فرد در صورت نیاز به برهنه شدن تا رسیدن کمک انجام داد.

در صورت آتش‌سوزی، حداقل اگر دوش اضطراری دور باشد، پتوی آتش‌نشانی می‌تواند به‌عنوان جایگزین استفاده شود. پس از دوش گرفتن به مصدوم کمک کنید تا لباس خشک تمیزی در اختیار داشته باشد.

اگر کسی دوش اضطراری را برای سرگرمی باز کند، آن شخص باید پس از استفاده آن را تمیز کند. دوش‌های اضطراری باید به‌طور منظم اما با استفاده از تجهیزات مناسب آزمایش شوند.

کمک‌های اولیه

توصیه می‌شود همه در صورت امکان دوره کمک‌های اولیه و همچنین دوره احیا را بگذرانند. هنگامی که یک همکار در خطر است، منتظر ایستادن، ثابت ماندن و ندانستن اینکه چه کاری باید انجام شود، سخت است. مطالعات اهمیت آموزش اصول اولیه و نحوه ارائه کمک‌های اولیه را در زمان انتظار برای آمبولانس یا سایر کمک‌های تخصصی تأیید کرده‌اند.

فصل دهم:

ایمنی و پیشگیری از آتش سوزی

مقدمه

هر کارمند و دانشجویی باید مکان قرارگیری کپسول‌های آتش‌نشانی در ساختمان خود و محل خروجی‌های اضطراری را بداند. فقط چند ثانیه طول می‌کشد تا یک جرعه بی‌ضرر تبدیل به آتشی غیرقابل کنترل شود. چگونگی عکس‌العمل شما می‌تواند مشخص کند که آتش قابل کنترل است یا خیر. سوخت زیادی برای آتش‌سوزی در همه ساختمان‌ها وجود دارد؛ جایی که کاغذها و کتاب‌ها قرار دارند. همچنین آزمایشگاه‌هایی داریم که ممکن است حاوی حجم زیادی از مواد شیمیایی، حلال‌ها و حتی گازها باشند (شکل (۱۰-۱)).

کارکنانی که در ساختمان‌های آزمایشگاهی کار می‌کنند، باید با برنامه‌های پیشگیری از آتش‌سوزی و تجهیزات ایمنی در برابر آتش‌سوزی موجود در محل کار خود آشنا شوند. مایعات قابل اشتعال یکی از بهترین سوخت‌ها برای آتش‌سوزی هستند. با این حال، برخی از مواد شیمیایی ممکن است حاوی هالوژن یا ترکیبات دیگری باشند که به راحتی می‌توانند بخارات و گازهای تهدیدکننده حیات را در حضور گرما و آتش ایجاد کنند. در این قسمت چند نوع کپسول آتش‌نشانی، پاسخ به حریق و برنامه‌های تخلیه را مورد بحث قرار خواهیم داد.

آتش

آتش برای شروع و روشن ماندن به سه چیز نیاز دارد: اکسیژن، گرما و سوخت. برای خاموش کردن آتش باید یکی از این سه مورد را برطرف یا حذف کنیم. آتش‌سوزی‌ها براساس منبع سوخت آن‌ها طبقه‌بندی می‌شوند. به طور مشابه، نوع خاموش‌کننده نیز براساس منبع سوخت

تغذیه کننده آتش انتخاب می شود. در زیر شرحی از کلاس های مختلف آتش نشانی و همچنین انواع کپسول های آتش نشانی آورده شده است.

انواع آتش سوزی

آتش سوزی ها بسته به منبع سوختی که استفاده می کنند و خطراتی که آتش سوزی می تواند ایجاد کند، به پنج تا شش کلاس طبقه بندی می شوند. بسته به موقعیت جغرافیایی، تنوع کمی در طبقه بندی وجود دارد. هنگامی که به اطراف محل کار یا داخل آزمایشگاه خود نگاه می کنید، ارزیابی کنید که در صورت آتش سوزی چه چیزی می تواند منبع سوخت باشد. سپس دریابید که چه نوع کپسول آتش نشانی برای خاموش کردن آتش مورد نیاز است. اگر در محل کار خود یا در اتاق های مجاور یا راهرو، کپسول آتش نشانی مناسب ندارید، به مسئول ایمنی، مدیر یا سرپرست خود اطلاع دهید.



شکل (۱۰-۱) آتش سوزی در آزمایشگاه شیمی در دانشگاه ایسلند در ۲۳ ژوئن ۱۹۸۹ رخ داد. این شکل دود غلیظی را نشان می دهد که با باز کردن پنجره توسط آتش نشانان بیرون آمد. در شرایطی مانند این، زمانی که مواد شیمیایی مختلف شروع به واکنش کرده و با هم می سوزند، بخارات سمی به راحتی می توانند ایجاد شوند (منبع: سازمان آتش نشانی و نجات بزرگ ریکیاویک).

کلاس A (در اروپا، ایالات متحده و استرالیا) آتش‌سوزی زمانی است که سوخت شامل کاغذ، کتاب، چوب، لباس و به‌طور کلی مواد قابل احتراق معمولی باشد. این نوع حریق را می‌توان با آب و کپسول‌های حاوی فوم خاموش کرد. اکثر ساختمان‌های اداری عمدتاً دارای این نوع آتش‌سوزی هستند.

کلاس B (در اروپا، ایالات متحده و استرالیا) شامل مواد قابل اشتعال و / یا مایعات قابل احتراق است. بهترین کپسول‌های آتش‌نشانی برای این دسته از آتش، خاموش‌کننده‌های دی‌اکسید کربن، مواد شیمیایی خشک و کپسول‌های حاوی فوم هستند. خاموش‌کننده‌های حاوی فوم فقط در صورت کاربرد صحیح می‌توانند استفاده شوند. اغلب خاموش‌کننده‌های دی‌اکسید کربن ترجیح داده می‌شوند؛ زیرا آن‌ها به اندازه سایر خاموش‌کننده‌ها برای تمیز کردن به‌هم‌ریختگی ایجاد نمی‌کنند.

کلاس C (در اروپا و استرالیا، اما کلاس B در ایالات متحده) آتش زمانی است که گازهای قابل اشتعال منشأ آن باشند. این نوع آتش به‌ندرت قابل کنترل است، اما در صورت وجود، خاموش‌کننده‌های شیمیایی خشک یا دی‌اکسید کربن گزینه مناسبی هستند.

کلاس D (در اروپا، ایالات متحده و استرالیا) از فلزات قابل احتراق مانند منیزیم، سدیم و ... ناشی می‌شوند. هرگز از خاموش‌کننده‌های حاوی آب یا فوم روی این نوع آتش استفاده نکنید؛ زیرا احتمالاً منجر به واکنش انفجاری با خطرات همراه آن می‌شوند. خاموش‌کننده‌های دی‌اکسید کربن نیز چندان مناسب نیستند. برخی از کپسول‌های آتش‌نشانی کلاس خاص وجود دارند که از پودر کلاس D استفاده می‌کنند. همچنین ممکن است در صورت آتش‌سوزی فلزات، از ماسه ریز استفاده شود. اگر با فلزات قابل احتراق کار می‌کنید، هم در جایی که این مواد شیمیایی ذخیره می‌شوند و هم در جایی که با آن‌ها کار می‌کنید، مطمئن شوید در نزدیکی خود کپسول‌های شن و ماسه یا کلاس D داشته باشید. بهتر است اقدامات احتیاطی مناسب را با همکاری اداره آتش‌نشانی محلی در منطقه خود انجام دهید؛ زیرا آن‌ها باید از این خطر در مواقع اضطراری مطلع شوند.

کلاس E/ K/ C (کلاس E در آسیا، استرالیا و قبلاً در اروپا؛ کلاس K در اروپا؛ و کلاس C در ایالات متحده) آتش سوزی های الکتریکی هستند. آتش سوزی های الکتریکی (حداکثر ۱۰۰۰ وات) را می توان با مواد شیمیایی خشک یا دی اکسید کربن (اما نه با آب) خاموش کرد. به دلیل رسانایی آب استفاده از خاموش کننده آب در آتش سوزی های الکتریکی، تهدیدکننده حیات است. در ساختمان هایی که لوازم و تجهیزات الکتریکی حساس و گران قیمت وجود دارد، دی اکسید کربن به طور کلی بر مواد شیمیایی خشک ترجیح داده می شود؛ زیرا پودر برای اجزای الکتریکی خورنده است و ممکن است به دستگاه آسیب برساند.

کلاس F/ K (کلاس F در اروپا و استرالیا؛ و کلاس K در ایالات متحده) آتش سوزی هایی هستند که سوخت آن، روغن پخت و پز یا چربی است. خاموش کننده های حاوی فوم، مناسب ترین خاموش کننده برای این نوع آتش سوزی هستند.

مواد شیمیایی تشکیل دهنده پراکسید

ترکیباتی شناخته شده برای تولید پراکسیدهای انفجاری حتی به شکل رقیق شده وجود دارند. آن ها شناخته شده هستند؛ زیرا انفجارهای جدی را سبب شده اند و بنابراین نگهداری آن ها بیش از سه ماه پس از شکستن مهر و موم مجاز نیست (جدول (۱۰-۱)). هنگامی که مهر و موم شکسته شد، گاز بی اثری که در بطری قرار می گیرد، با اتمسفر جایگزین می شود که حاوی اکسیژن است و می تواند باعث تشکیل پراکسیدها شود.

جدول (۱۰-۱) ترکیبات شناخته شده برای تولید پراکسیدهای انفجاری

دیوینیل استیلن	سدیم آمید
ایزوپروپیل اتر	وینیلیدین کلرید
پتاسیم (خالص)	

نوع خالص ترکیبات زیر قادر به تولید پراکسید هستند (جدول (۱۰-۲)). آن ها را بیش از ۳ یا ۱۲ ماه پس از شکستن مهر و موم نگهداری نکنید.



جدول (۱۰-۲) ترکیبات قادر به تولید پراکسید زمانی که به شکل خالص خود ذخیره می‌شوند. در اینجا آن‌ها براساس حداکثر ماندگاری توصیه شده گروه‌بندی می‌کنند

۱۲ ماهه	۳ ماهه
متیل استیلن استال	دی اتیل اتر
دکاهیدرونفتالین گلیم	تتراهیدروفوران دی اکسان
تتراهیدرونفتالین دیگلیم	دی سیکلونتادین دی اکسان
سیکلوهگزان وینیل اتر	دی استیلن تتراهیدروفوران

مونومرهای وینیل معمولاً پراکسیدهای بی‌ضرر تولید می‌کنند. با این حال این ترکیبات می‌توانند در طول ذخیره‌سازی تجزیه شوند، سپس یک واکنش زنجیره‌ای را آغاز کنند و پلیمرهای قابل احتراق یا انفجاری را تشکیل دهند (جدول (۱۰-۳)). این ترکیبات را بیش از ۱۲ ماه نگهداری نکنید، مگر اینکه حاوی غلظت کافی از تثبیت‌کننده‌ها/مهارکننده‌های مناسب باشند.

جدول (۱۰-۳) ترکیباتی که ممکن است پلیمرهای قابل اشتعال یا انفجاری را در طول نگهداری تشکیل دهند و نباید بیش از ۱۲ ماه نگهداری شوند

تترافلوئورواتیلن	اسید آکریلیک
وینیل استات	آکریلونیتریل
وینیل استیلن	بوتادین
وینیل کلرید	کلروپرن
وینیل پیریدین	کلروتتری فلوئورواتیلن
وینیلیدین کلرید	متیل متاکریلات
	استایرن

همیشه زمان دریافت مواد و زمانی را که مهروموم آن‌ها شکسته شده است، روی بسته‌بندی بنویسید.

ترکیبات ناسازگار با آب یا هوا

ترکیبات خاصی قادر به واکنش با آب یا هوا هستند و گرمای شدید، آتش یا حتی بخارهای انفجاری مانند هیدروژن ایجاد می کنند. نمونه هایی از این موارد در جدول (۴-۱۰) نشان داده شده است.

جدول (۴-۱۰) ترکیباتی که قادر به واکنش شدید با آب یا هوا هستند

لیتیوم (Li)	سدیم (Na)
پتاسیم (K)	کلسیم (Ca)
روبییدیم (Rb)	سزیم (Cs)

این ترکیبات نه تنها در شکل خالص خود، بلکه زمانی که به شکلی که در جدول (۵-۱۰) نشان داده شده باشند نیز، خطرناک هستند.

جدول (۵-۱۰) ترکیباتی مانند لیتیوم، سدیم، روبیدیم، پتاسیم، کلسیم و سزیم در

اشکال زیر خطرناک هستند

• هیدرید	• نیتريد
• سولفید	• کاربید
• بورید	• سیلیسید
• تلورید	• سلنید
• آرسنید	• فسفید

نیتريدها و فسفیدها با آب واکنش می دهند و بخارهای واکنش پذیر آب یا حتی هیدریدهای انفجاری ایجاد می کنند. برخی از ترکیبات آلی مانند ایزوسیانید، فلزات آلی، کلریدهای اسیدی و... به شدت با آب واکنش می دهند. به یاد داشته باشید انیدرید اسید، اسیدهای رقیق نشده خالص و بازها هنگام رقیق شدن با آب، گرمای شدید تولید می کنند و حتی ممکن است باعث

انفجار شوند. اگر با این ترکیبات محلول آبی درست می‌کنید، به خاطر داشته باشید ابتدا آب را اندازه بگیرید. سپس اسید را به آرامی به آب اضافه کنید و نه برعکس.

مواردی که باید در صورت وقوع آتش‌سوزی انجام شود

اگر شما اولین نفری هستید که در صحنه حضور دارید

- وضعیت را ارزیابی کنید.
- برای کمک تماس بگیرید و زنگ هشدار آتش را فشار دهید.
- تخلیه را شروع کنید.

با آتش‌نشانی تماس بگیرید

- هنگام تماس با آتش‌نشانی اطلاعات دقیقی درباره محل ارائه دهید. در برخی از مؤسسات ترجیح داده می‌شود با شماره امنیتی/ایمنی مؤسسه تماس گرفته تا آن‌ها بلافاصله با آتش‌نشانی ارتباط برقرار کنند.
- آن‌ها را از هرگونه جراحت واردشده به افراد مطلع کنید.
- در صورت نیاز اطلاعاتی درباره منطقه اطراف پیدا کنید؛ مانند محل نگهداری مواد شیمیایی و مقدار تخمینی آن.
- مطمئن شوید کارکنان خودروهای خود را از اطراف ساختمان خارج می‌کنند تا خودروهای آتش‌نشانی و آمبولانس‌ها آزادانه دسترسی داشته باشند.
- اطمینان یابید که فردی می‌تواند آتش‌نشانان را در بدو ورود ملاقات کند و هرگونه اطلاعات لازم را در اختیار آن‌ها قرار دهد.

اطلاعات بسیار کم^۱

همان‌طور که پیش‌تر گفته شد، حادثه‌ای در دانشگاه کالیفرنیا، لس‌آنجلس، در سال ۲۰۰۸ رخ داد. یک تکنسین آزمایشگاه در حال کار با ترت‌بوتیل لیتیوم بود که مواد شعله‌ور شدند و لباس‌هایش آتش گرفت. وقتی آتش‌نشانان شنیدند این مورد یک حادثه شیمیایی است، مجبور شدند برای فراهم کردن تجهیزات مقاوم در برابر مواد شیمیایی، به مکان دیگری بروند. زمانی که آن‌ها برای تهیه لباس و پوشیدن آن صرف کردند، طولانی بود. متأسفانه بر اثر این حادثه یک مجروح فوت کرد. درس‌های مختلفی از این حادثه می‌توان گرفت که یکی از آن‌ها اطلاعات ارائه‌شده به آتش‌نشانی است. ماده شیمیایی پیش‌تر در هوا منفجر شده و از بین رفته بود؛ بنابراین، با وجود اینکه حادثه‌ای شیمیایی بود، نیازی به صرف زمان طولانی برای تهیه لباس نبود. اگر اطلاعات به‌درستی ارائه می‌شد، شاید آتش‌نشانان زودتر وارد آزمایشگاه می‌شدند و تکنسین آزمایشگاه را نجات می‌دادند.

۱. مصاحبه شخصی با کمیته ایمنی در UCLA.

گام‌های بعدی

- تمام پنجره‌ها و درب‌ها و نیز درب ساختمان‌های مجاور را ببندید.
- اگر دود یا بخار سمی زیادی وجود دارد، مطمئن شوید که نه‌تنها پنجره‌ها را بستید، بلکه اگر در اتاق یا ساختمان مجاور هستید، دمای اتاق‌ها را افزایش دهید. این امر باعث افزایش حجم هوا می‌شود و ورود دود را محدود می‌کند.
- اطمینان یابید که تمام کارکنان، دانشجویان و مهمانان فوراً منطقه را ترک کرده و در محل تجمع ایمن تعیین‌شده جمع می‌شوند.
- اطمینان یابید که آمبولانس‌ها، ماشین‌های آتش‌نشانی و آتش‌نشان‌ها آزادانه دسترسی به ساختمان دارند (کارکنان، دانشجویان و مهمانان باید خودروهای خود را از ساختمان دور کنند تا ساختمان در دسترس‌تر باشد).



- اگر محققان یا دانشجویان در آزمایشگاه‌ها یا ساختمان‌های مجاور با مواد شیمیایی قابل اشتعال یا سمی کار می‌کنند، در صورت امکان کار را متوقف کنید.
- نقش قهرمان را بازی نکنید! جان خود را به خطر نیندازید. فقط در صورتی که آتش قابل کنترل باشد، باید با تجهیزات مناسب شروع به اطفای حریق کنید.
- به مدیر یا سرپرست خود درباره آتش‌سوزی اطلاع دهید.
- اگر اتاق‌ها یا مناطقی وجود دارند که قفل هستند، در صورت نیاز مطمئن شوید که کلیدها در دسترس هستند.
- نقشه‌ها را آماده داشته باشید که محل کپسول‌های آتش‌نشانی، انبار مواد قابل اشتعال و سایر مواد شیمیایی خطرناک را نشان می‌دهد.
- از آسانسور استفاده نکنید.

پس از خاموش شدن آتش

با کمیته ایمنی در شرکت، مؤسسه یا دانشگاه همکاری کنید. کمیته باید ترتیب وقایع را ارزیابی و بررسی کند که چه چیزی اشتباه رخ داده است، چه کاری می‌توان برای بهبود و جلوگیری از حوادث مشابه در آینده انجام داد و گزارشی درباره آنچه اتفاق افتاده است، بنویسد.

اقدامات پیشگیرانه

حلال‌های آلی، فلزات قابل احتراق و سایر مواد قابل اشتعال یا مواد منفجره بدون شک خطرناک‌ترین سوخت در آزمایشگاه‌ها هستند. مقدار این مواد شیمیایی باید در هر آزمایشگاهی تا حد امکان کم باشد. برای نگهداری مایعاتی با نقطه اشتعال کمتر از ۳۸ درجه سانتی‌گراد، در یخچال‌های اختصاصی و حداکثر ۱۰ لیتر از آن حلال‌ها در آزمایشگاه‌هایی با مساحت ۵۰-۳۰ متر مربع (۵۰۰-۳۰۰ فوت مربع) ایدئال است. برای حلال‌هایی با نقطه اشتعال بالاتر از ۳۸ درجه سانتی‌گراد، بیش از ۲۰ لیتر در اتاقی با اندازه مشابهی که در بالا گفته شد، ذخیره نکنید.

حلال‌ها، اسیدها، بازها و ترکیبات اکسیدکننده باید در کابینت‌های مناسب نگهداری شوند. فلزات و سایر مواد شیمیایی که می‌توانند با آب واکنش داده و باعث انفجار احتمالی شوند، فقط باید در مناطق تعیین‌شده نگهداری شوند.

کپسول‌های آتش‌نشانی و اعلام حریق

انواع مختلفی از کپسول‌ها و پتوهای آتش‌نشانی وجود دارند. هنگام کار در آزمایشگاه لازم است انواع مختلف آن‌ها، زمان استفاده از آن‌ها، و این را که ممکن است به کدام یک از آن‌ها نیاز داشته باشید و نزدیک‌ترین آن‌ها به محل کار شما کدامند، بدانید. آموزش کار کردن و استفاده از کپسول‌ها و پتوهای آتش‌نشانی باید برای همه به‌ویژه کسانی که در آزمایشگاه‌ها کار می‌کنند الزامی باشد؛ زیرا باعث می‌شود در صورت وقوع آتش‌سوزی آمادگی بهتری داشته باشیم و در صورتی که پیش‌تر آن را امتحان کرده‌ایم، آرامش خود را حفظ کرده و روش مناسب را در پیش بگیریم. کارفرمایان باید به‌طور منظم، برای مثال با همکاری مقامات مرتبط آموزش‌هایی را برای همه سازمان‌دهی و ارائه دهند.

دی‌اکسید کربن (برای کلاس آتش B، C و الکتریکی): کپسول‌های دی‌اکسید کربن رایج بوده و یکی از مهم‌ترین کپسول‌های آتش‌نشانی برای آزمایشگاه‌ها هستند؛ زیرا عمدتاً بی‌اثر می‌باشند و محیط را به هم نمی‌ریزند. در آزمایشگاه‌هایی که حلال‌های مختلف به‌ویژه مواد شیمیایی قابل اشتعال دارند، خاموش‌کننده دی‌اکسید کربن در صورت آتش‌سوزی در آزمایشگاه یا جاهایی که لوازم الکتریکی، تجهیزات و ابزار وجود دارد، همیشه باید اولین انتخاب باشد. دی‌اکسید کربن اکسیژن را دور می‌سازد و آتش را خفه می‌کند. علاوه بر این، آنقدر سرد است که همه چیز را خنک می‌کند. از آنجاکه دی‌اکسید کربن در دمای اتاق یک گاز است، هیچ رد شیمیایی از خود باقی نمی‌گذارد که به‌ویژه برای ابزارها و همچنین هنگام پاک‌سازی ناحیه پس از استفاده از آن مفید است. با این حال دی‌اکسید کربن در برابر همه آتش‌ها کار نمی‌کند و نمی‌تواند شعله‌ها را خاموش کند.

شیلنگ‌های آب و کپسول‌های آتش‌نشانی بر پایه آب (برای کلاس آتش A): کپسول‌های آتش‌نشانی بر پایه آب و همچنین شیلنگ‌های آب رایج‌ترین هستند، به‌خصوص در ساختمان‌های بزرگ‌تر. شیلنگ‌های آب اغلب در نزدیکی ورودی‌ها، راهروها و نزدیک به خروجی‌های اضطراری قرار دارند. خاموش‌کننده‌های آب در آزمایشگاه‌ها خیلی رایج نبوده؛ زیرا در آتش‌سوزی‌های کلاس B، C یا D قابل اجرا نیستند، اما اگر آتش‌سوزی بزرگی رخ داده باشد که با دی‌اکسید کربن خاموش نشود، باید از مقدار زیادی آب استفاده کرد. آب تأثیر دو برابری بر آتش دارد و می‌تواند آن را خنک کند، اما در طول فرایند خنک‌سازی می‌جوشد و با افزایش ۱۷۰۰ برابری در حجم، گازی را تشکیل می‌دهد که می‌تواند اکسیژن را دور کرده و آتش را خفه کند. کپسول‌های آتش‌نشانی بر پایه آب به‌ویژه در ساختمان‌های اداری رایج هستند.

خاموش‌کننده حاوی فوم^۱ FFFE (برای کلاس آتش A، B و F/K): خاموش‌کننده‌های حاوی فوم، خاموش‌کننده‌های قوی بر پایه آب هستند که در آن سورفکتانت با آب مخلوط می‌شود که به آن فوم لایه‌ساز آبی (AFFF) نیز می‌گویند. این سورفکتانت‌ها توانایی اطفای آبی را به‌ویژه برای آتش‌سوزی‌های کلاس A بسیار افزایش می‌دهند. خاموش‌کننده حاوی فوم را می‌توان در بسیاری از ساختمان‌های اداری و آزمایشگاه‌ها یافت؛ جایی که ابزار الکتریکی گران‌قیمت و حساس وجود ندارد. سورفکتانت‌هایی که به آب اضافه می‌شوند، می‌توانند به اجزای الکتریکی در معرض این مواد شیمیایی آسیب بزنند. این نوع خاموش‌کننده بین سوخت و اکسیژن هوا لایه‌ای ایجاد و آتش را خفه می‌کند. همچنین حاوی مقدار زیادی آب است که هم می‌تواند سوخت را خنک کند و هم بخاری ایجاد می‌کند که حجم آب را ۱۷۰۰ برابر افزایش می‌دهد و اکسیژن را دور و آتش را خفه می‌کند.

خاموش‌کننده‌های حاوی فوم فلوروپروتئین (FFFP FOAM) (برای کلاس B): خاموش‌کننده‌های مقاوم در برابر الکل هستند که روی طیف گسترده‌ای از حلال‌های آلی مانند الکل‌ها مؤثر هستند؛ جایی که فوم سطح حلال‌های آلی را می‌پوشاند و از رسیدن اکسیژن به سوخت جلوگیری می‌کند.

کپسول آتش‌نشانی شیمیایی خشک (برای کلاس آتش A، B و C): خاموش‌کننده‌های شیمیایی خشک را می‌توان در بسیاری از ساختمان‌های اداری، جایی که وسایل الکترونیکی زیادی وجود ندارد، یافت. این خاموش‌کننده‌ها برای آزمایشگاه‌ها مناسب نیستند؛ زیرا پودر برای ابزارهای الکترونیکی و رایانه‌ها خورنده است. هنگامی که این خاموش‌کننده استفاده می‌شود، آتش را با مواد شیمیایی که مانع از دسترسی سوخت به اکسیژن می‌شود، می‌پوشاند و آتش را خفه می‌کند.

کپسول فوم (برای کلاس آتش A، B و K/F): فوم جایگزینی برای خاموش‌کننده‌های شیمیایی خشک و آب است که در بسیاری از کشورها یکی از رایج‌ترین انواع مورد استفاده است. فوم روی مواد قابل احتراق و همچنین روغن‌های قابل اشتعال و حلال‌های آلی به‌خوبی کار می‌کند. این فوم یک لایه را در بالای سطح سوخت تشکیل می‌دهد و دسترسی به اکسیژن را از بین می‌برد. فوم اغلب در جاهایی که مایعات قابل اشتعال ذخیره می‌شوند و به کار می‌روند، استفاده می‌شود.

کپسول آتش‌نشانی شیمیایی مرطوب (برای کلاس آتش A و K/F): کپسول‌های آتش‌نشانی شیمیایی مرطوب حاوی نمک‌های پتاسیم هستند که به‌صورت یک غبار ریز پاشیده می‌شوند و لایه‌ای صابونی روی سطح سوخت ایجاد می‌کنند. این نوع کپسول آتش‌نشانی بهترین خاموش‌کننده برای آتش‌سوزی حاوی چربی یا روغن است. با این حال ممکن است بخارهای سمی ایجاد کند؛ بنابراین، منطقه باید به‌شدت تهویه شود. از این کپسول عمدتاً در جاهایی که روغن داغ به کار برده می‌شود، مانند رستوران‌ها استفاده می‌شود.

پتوی آتش‌نشانی: اگر بتوانید زود به آن دسترسی داشته باشید، می‌توانید تمام آتش را خاموش کنید! بنابراین پتوهای آتش‌نشانی در صورت بروز آتش‌سوزی در حین کار مفید هستند. این خاموش‌کننده‌ها نه تنها باید بخشی از هر اتاق استراحت بوده، بلکه باید در آزمایشگاه‌ها نیز موجود باشند. هر کارفرمایی باید آموزش استفاده از پتوهای آتش‌نشانی را برای کارکنان و دانشجویان فراهم کند. یادگیری نزدیک شدن به آتش، غلبه بر ترس و خاموش کردن آتش زیر نظر فردی باتجربه برای موقعیت‌های آینده بسیار مهم است. وحشت و



تصمیمات اشتباه اغلب از سوی افرادی دیده می‌شود که هرگز تلاش نکرده‌اند، اما آموزش شانس افراد را برای آرام ماندن، درست فکر کردن و پیروی از دستورالعمل‌ها افزایش می‌دهد (شکل (۱۰-۲)).

پتوها برای آتش‌سوزی‌های کوچک هنگام شروع خوب هستند. آن‌ها را در بالای آتش قرار می‌دهند تا با از بین بردن دسترسی آتش به اکسیژن، آن را خفه کنند. هنگام استفاده از پتوهای آتش‌نشانی بهتر است گوشه‌های بالایی را با هر دست بگیرید و برای محافظت از آن‌ها، دور دست‌هایتان بپیچید. سپس پتوی آتش‌نشانی باید در مقابل شما باز باشد و از دست‌ها، صورت و بدن شما محافظت کند. پتوی آتش‌نشانی را به این صورت نگه دارید، به آتش نزدیک شوید، پتو را روی آن قرار دهید و بگذارید چند لحظه در آنجا بماند تا خاموش شود. گاهی اوقات بهتر است گوشه‌ای از پتو را بلند کنید و از خاموش‌کننده دی‌اکسید کربن برای خاموش کردن کامل آتش کمک بگیرید.

شن (برای آتش کلاس D): آتش‌های کلاس D را نمی‌توان با خاموش‌کننده‌های معمولی خاموش کرد. برخی از فلزات حتی می‌توانند زیر آب شعله‌ور باقی بمانند. اگر آزمایشگاه شما دارای انباری از فلزات قابل احتراق است، لازم است ماسه ریزدانه یا خاموش‌کننده کلاس D در نزدیکی خود داشته باشید. ماسه در حالت بهینه باید بالای فلزات قرار گیرد؛ بنابراین، در صورت شروع سوختن، ماسه به‌طور خودکار پایین می‌آید و توده‌ای متراکم مانند سیمان را روی فلزات و اطراف آن تشکیل می‌دهد. در صورتی که مواد شیمیایی انفجاری نیز در همان اتاق ذخیره شده است، سعی نکنید آتش را خاموش کنید، بلکه فوراً منطقه را تخلیه کنید.

اعلام حریق: اکثر ساختمان‌ها باید هشدارهای آتش‌نشانی داشته باشند، به‌گونه‌ای که دسترسی به آن دشوار نباشد. این امر به‌ویژه در مؤسسات تحقیقاتی، شرکت‌ها و دانشگاه‌ها اهمیت دارد. مکان‌های اعلام حریق باید مشخص و به‌خوبی برجسته‌گذاری شوند. اغلب یک پرچم قرمز کوچک در بالای آن‌ها وجود دارد؛ بنابراین، مکان آن‌ها هنگام نگاه کردن به بالا یا پایین راهرو قابل مشاهده است. در صورت آتش‌سوزی که در آن هشدار حریق روشن نمی‌شود، باید با شکستن شیشه و فشار دادن دکمه، آن را روشن کنید.



شکل (۲-۱۰) آموزش عملی درباره نحوه خاموش کردن آتش با استفاده از پتوی آتش‌نشانی. در اینجا همه موظف بودند نزدیک شدن به آتش و استفاده از کپسول آتش‌نشانی را بیاموزند (تصویر از: (Sveinbjörn Gizurarson).

برنامه‌ها و تمرین‌های تخلیه

هر شرکت، مؤسسه و دانشگاه باید یک برنامه تخلیه و یک محل تجمع ایمن داشته باشد؛ جایی که همه در مواقع اضطراری در آنجا جمع شوند. هدف از برنامه‌ها و تمرین‌های تخلیه، آماده‌سازی کارکنان و دانشجویان برای پاسخ صحیح به شرایط اضطراری مانند آتش‌سوزی است. در هر ساختمانی باید فرد یا افرادی کلیدی وجود داشته باشند که در مواقع اضطراری نقش ویژه‌ای ایفا کنند؛ مانند برخی از دانشگاه‌ها که اولین نفر در صحنه، فرد کلیدی است و تخلیه و مراحل بعدی را مدیریت می‌کند. این افراد باید بدانند در صورت ادامه سیستم هشدار، نقش و مسئولیت‌شان چیست و براساس آن پاسخ دهند. بقیه باید از هدایت و دستورات‌شان

پیروی کنند. افراد روی ویلچر باید به محل تعیین شده در ساختمان خود بروند و منتظر باشند تا آتش نشانان یا دیگران آن‌ها را تا سطح زمین بالا یا پایین ببرند تا بتوانند در محل تجمع ایمن با دیگران حضور یابند.

هنگامی که سیستم هشدار در یک ساختمان روشن می‌شود، باید برای تأخیر یا جلوگیری از انتشار بیشتر آتش، دود و بخار سمی در ساختمان، همه درب‌های ضد حریق به‌طور خودکار بسته شوند. به یاد داشته باشید استفاده از آسانسور هنگام روشن شدن اعلام حریق ممنوع است و همه باید سریع‌ترین مسیر را برای خروج بدانند و بلافاصله به محل تجمع ایمن بروند.

دکتر جان کجاست؟

آتش نشانان لباس مناسب پوشیده بودند تا بتوانند به ساختمانی پر از دود وارد شوند. آن‌ها در مسیر خود برای نجات دکتر جان بودند. در همان زمان، همه همکاران با شوک در محل تعیین شده جمع شدند؛ زیرا دکتر جان تنها کسی بود که در ساختمان گم شده بود. وقتی زنگ خطر آتش‌نشانی به صدا درآمد، می‌دانستند که او داخل است. آتش نشانان جان خود را در ساختمانی که در آتش بود، به خطر انداختند تا او را جست‌وجو کنند، اما او را نیافتند.

در نهایت وقتی آتش مهار شد، دکتر جان از جهتی دیگر به گروه ملحق شد. وقتی زنگ هشدار به صدا درآمد، او تصمیم گرفت به خانه برود و بدون اطلاع کسی یک فنجان قهوه بنوشد؛ زیرا او در همان نزدیکی زندگی می‌کرد. همکارانش به دلیل مفقود شدن او در شوک بودند و آتش نشانان در تلاش برای یافتن او در داخل ساختمان اداری که در آتش بود، جان خود را به خطر انداخته بودند.

دستورالعمل‌ها برای ایمنی شما و دیگران است. مطمئن شوید که روش‌ها را می‌دانید؛ بنابراین، اگر لازم نباشد کاری نکنیم که زندگی مردم به خطر بیفتد.

نقش فرد کلیدی در هر ساختمان باید به شرح زیر باشد (می تواند متفاوت باشد):

- ساختمان و به ویژه کلیه آزمایشگاه را تخلیه کند.
- در مواقع اضطراری افراد را به مسیر فرار درست هدایت کند.
- کنترل پنل را بررسی کند که کجا و چرا زنگ هشدار به صدا درآمده است. شاید بتوان محل آتش سوزی را شناسایی کرد. با استفاده از شماره اضطراری محلی برای کمک تماس بگیرد.
- در صورت هشدار نادرست یا خطاهای دیگر اطلاعاتی را ارائه دهد.
- قادر به ارائه کمک های اولیه باشد.
- به کمیته ایمنی و مراجع ذی ربط اطلاع دهد.
- دسترسی شفاف برای خودروهای آتش نشانی، آتش نشانان، آمبولانس ها و/ یا پلیس را تأمین کند.
- به کارکنان، دانشجویان و مهمانان اطلاعات را ارائه دهد.
- حادثه را در دفترچه ایمنی بنویسد.

تمرین:

در آزمایشگاه خود قدم بزنید و محل قرارگیری کپسول های آتش نشانی، خروجی های اضطراری و محل تجمع آتش را یادداشت کنید. بررسی کنید چقدر طول می کشد تا از محل کار خود به محل تجمع برسید. محل آشکارسازهای دود، زنگ هشدار، کپسول های آتش نشانی و نزدیک ترین شیلنگ آب را بررسی کنید و کپسول های آتش نشانی را با کارهای انجام شده در محل کار خود مقایسه کنید. اگر با مواد شیمیایی کار می کنید، آیا اقدامات احتیاطی مناسب را در برابر آتش سوزی دارید؟

فصل یازدهم:

بارداری و شیردهی

مقدمه

باردار شدن فرد الزامی به توقف تحقیقات ندارد، اما نیاز است هر کاری را که انجام می‌دهید، ارزیابی کنید؛ یعنی ارزیابی خطر. هنگام کار در آزمایشگاه باید بدانید که برخی از مواد شیمیایی و سایر مواد ممکن است به جنین آسیب برسانند یا بر کودک شیرخوار تأثیر بگذارد. اگر با ترکیباتی که با آن‌ها کار می‌کنید، آشنا نیستید، باید از طریق اوراق اطلاعات ایمنی (به فصل ۴ مراجعه کنید) یا از طریق پایگاه‌های داده، اطلاعات کسب کنید. در صورتی که نمی‌توانید از یک زن باردار یا شیرده محافظت کامل داشته باشید، باید به او اطلاع دهید تا کار آزمایشگاهی خود را متوقف کند. همچنین اگر با ترکیبات یا میکروب‌های جدید و ناشناخته کار می‌کنید، هرگز ریسک نکنید. هرگز نباید این خطر را بپذیرید که مواد یا میکروبی که با آن کار می‌کنید، ممکن است بر رشد جنین یا کودک شما تأثیر بگذارد! این همچنین شامل کار کردن فردی دیگر با ترکیبات یا میکروب‌ها در داخل آزمایشگاه نیز می‌شود. اغلب ما نمی‌دانیم مواد شیمیایی موجود در آزمایشگاه ممکن است منجر به بخار در هوا شده و توسط افرادی که در آن محیط کار می‌کنند، استنشاق شوند؛ بنابراین، ارزیابی خطر بخش بسیار مهمی از فرایندی است که باید هنگام بارداری هر فردی اجرا شود. به محض بارداری به سرپرست خود اطلاع دهید تا احتیاط‌های لازم را انجام دهد.

رشد جنین و قرار گرفتن در معرض بیماری

سه ماهه اول بارداری بحرانی‌ترین دوره برای جنین است؛ زیرا زمانی است که اندام‌زایی صورت می‌گیرد. اندام‌زایی زمانی است که سلول‌ها نشان می‌دهند چه اندامی را تشکیل خواهند داد و اگر ماده‌ای بر این فرایند تأثیر بگذارد، ممکن است یک ناهنجاری رخ دهد. ترکیباتی که ممکن است بر ترجمه ژن‌ها تأثیر بگذارند یا الگوهای بیان ژن را تغییر دهند، فعل و انفعالات سلولی را مهار کنند یا حرکات مورفوژنتیک سلول را مسدود کنند، ممکن است منجر به ناهنجاری‌های رشدی شوند که می‌توانند در هر زمانی از بارداری اتفاق بیفتند.

در طول سه ماهه دوم و سوم بارداری، هر عضو در حال کامل شدن است و عملکرد و فیزیولوژی آن‌ها مشخص می‌شود. تأثیر این دوره ممکن است بر اندازه و عملکرد اندام‌ها اثر بگذارد. می‌توان گفت هر ثانیه در طول رشد جنین هدف خود را دارد. ما نمی‌خواهیم ریسک کنیم چیزی که با آن کار می‌کنیم یا چیزی که اطرافیان ما با آن کار می‌کنند، بر رشد و بلوغ جنین تأثیر بگذارد. ژن‌ها به‌طور مداوم در حال بیان «بلوک‌های سازنده»^۱ هستند که منجر به تعامل بین سلول‌ها می‌شوند و عملکرد هر اندام را تضمین می‌کنند. مانند ساعتی که در یک زمان مشخص شروع می‌شود و پس از اتمام آن، دوباره خاموش می‌شود.

ممکن است به اطلاعاتی درباره ترکیبات یا میکروب‌های خاصی از مطالعات حیوانی دسترسی داشته باشیم، اما تأثیر یا عدم تأثیر آن در حیوانات لزوماً به انسان منتقل نمی‌شود؛ بنابراین، همیشه مهم است که ارزیابی خطر مربوط به خود را انجام دهید. یک عامل مهم در ارزیابی خطر، جدول زمانی است. آیا ما یک بار قرار گرفتن در معرض، یا قرار گرفتن در معرض مداوم مقادیر کوچک/بزرگ در یک دوره زمانی طولانی را در نظر می‌گیریم؟ آیا قرار گرفتن در معرض ترکیبات دیگری نیز وجود دارد که ممکن است جذب برخی از مواد شیمیایی را تسهیل یا مسدود کند؟ ترکیب برخی از عوامل ممکن است اثرات آگونیستی هم‌افزایی یا آنتاگونیستی داشته باشند، زمانی که افراد در معرض آن‌ها قرار می‌گیرند. این ملاحظات برای گنجاندن در ارزیابی مهم هستند.

یک مطالعه سوئدی روی کارکنان باردار آزمایشگاهی^۱

در سال ۱۹۸۴ گروهی از محققان سوئدی ثبت تولد نوزادان متولدشده در سال ۱۹۷۶ را تجزیه و تحلیل کردند و نوزادانی را که از زنانی متولد شده بودند که به عنوان کارکنان آزمایشگاه کدگذاری شده بودند، شناسایی کردند. آن‌ها دریافتند که تعداد نوزادان کارکنان باردار آزمایشگاه که یا فوت کرده‌اند و/یا دارای ناهنجاری‌های مادرزادی بوده‌اند، بیش از حد انتظار بود. از آن زمان ایمنی آزمایشگاه و استفاده از اقدامات حفاظت فردی به طور قابل توجهی بهبود یافته است. افزایش دانش درباره بهداشت حرفه‌ای و تجهیزات حفاظت فردی، احتمال قرار گرفتن در معرض ترکیبات مضر را کاهش می‌دهد؛ بنابراین، زمانی که به یک خانم باردار اجازه می‌دهیم در آزمایشگاه کار کند، باید نهایت دقت را به کار بگیریم.

۱. استخراج شده از:

Ericson, A.; Källén, B.; Zetterström, R.; Erikson, M.; Westerholm, P. Delivery outcome of women working in laboratories during pregnancy. Archives of Environmental Health 1984, 39(1), 5e10.

قرار گرفتن در معرض مواد شیمیایی و میکروب‌ها

به عنوان یک دستورالعمل کلی، زنان باردار هرگز نباید با حلال‌های آلی، ترکیبات سرطان‌زا و تراتوژن، ترکیبات بسیار سمی یا رادیواکتیو یا خطرناک بیولوژیکی کار کنند. اگر آن‌ها در آزمایشگاه‌های دارای کابینت‌های با تهویه بالا یا کابینت‌های ایمنی بیولوژیکی (BSCs)^۱ که در آن خطر مواجهه وجود ندارد، کار کنند، ممکن است برخی از روش‌ها قابل قبول باشند. زنان باید آموزش و رهنمودها را دریافت کنند تا با تمام روش‌ها آشنا و از تمام خطرات موجود آگاه شوند (شکل (۱۱-۱)).

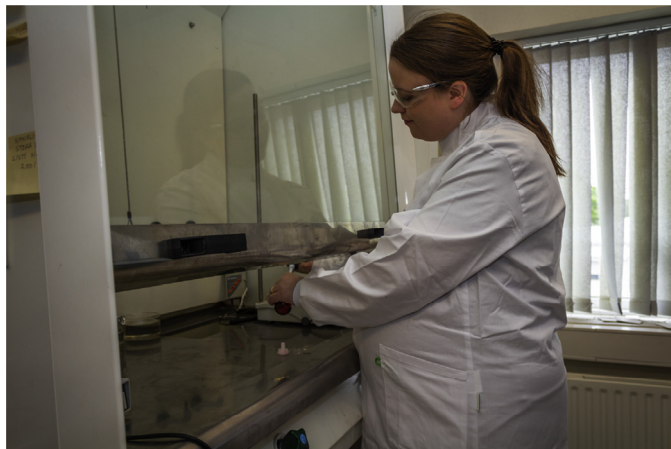
وقتی پای جنین در میان است، سرپرستان اجازه ریسک ندارند! توجه داشته باشید مواد شیمیایی ممکن است از طریق پوست (حتی از طریق لباس)، از طریق تنفس و دهان جذب

^۱ Biological Safety Cabinets

شوند؛ بنابراین، حفاظت فردی و همچنین استفاده از کابینت‌های تهویه‌شده یا کابینت‌های ایمنی بیولوژیکی اهمیت ویژه‌ای دارد.

برخی از مواد شیمیایی حتی در مقادیر به‌ظاهر ناچیز ممکن است باعث نقص مادرزادی، مرگ زودرس، زایمان زودرس، نقص ژنتیکی، سرطان، اثرات سمی یا عقیمی شوند. هنگام استفاده از چنین ترکیباتی در آزمایشگاه کار نکنید. برخی از خطرات زیستی برای جنین و بارداری سمی هستند؛ مانند: توکسوپلازما گوندی، لیستریا مونوسیتوژنز، سیتومگالوویروس، سرخجه، زیکا و بسیاری از میکروب‌های دیگر.

رادیواکتیویته برای بارداری و جنین نیز مضر است. مواردی وجود دارند که نشان می‌دهند اگر مادر در دوران بارداری در معرض ایزوتوپ‌هایی مانند ید رادیواکتیو یا حتی اشعه ایکس قرار گیرد، ممکن است عواقب جدی برای فرزندانش داشته باشد.



شکل (۱۱-۱) کار در آزمایشگاه به اقدامات حفاظت فردی کامل و فضای کاری نیاز دارد؛ جایی که می‌توانید قرار گرفتن در معرض مواد شیمیایی را که با آن‌ها کار می‌کنید، از بین ببرید. چه تجهیزات حفاظت فردی در این تصویر کم است؟ (تصویر از: Birkir Eyþór Ásgeirsson).

بلند کردن اجسام سنگین نباید بخشی از شرح وظایف یک زن باردار باشد؛ به همین ترتیب، محیط کاری بسیار پراسترس مانند گرما یا سرمای زیاد و حتی کار در شرایط استرس روانی برای هیچ‌کس به‌ویژه زنان باردار و شیرده سالم نیست. اگر شک دارید، با سرپرست خود یا فردی از کمیته ایمنی صحبت کنید.

خاک آلوده شده با حلال‌های آلی^۲

در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۱۲ منتشر شد، شیوع پیامدهای نامطلوب زایمان در میان مادرانی که در معرض هوای داخل خانه که به گردو خاک حاوی تری‌کلرواتیلن و تتراکلرواتیلن آلوده شده بود، مورد مطالعه قرار گرفت. این مطالعه نشان داد بارداری در این شرایط با بروز بیشتر نقایص قلبی همراه است. همچنین نشان داد تری‌کلرواتیلن با محدودیت رشد جنین مرتبط است.

۲. استخراج شده از:

Forand, S.P.; Lewis-Michl, E.L.; Gomez, M.I. Adverse birth outcomes and maternal exposure to trichloroethylene and tetrachloroethylene through soil vapor intrusion in New York State. *Environmental Health Perspectives* 2012, 120(4), 616e621.

تمرین

یک اوراق اطلاعات ایمنی برای ترکیب یا میکروبی که با آن کار می‌کنید، بیابید و به اثرات این ماده بر بارداری یا رشد جنین نگاه کنید. در صورت قرار گرفتن در معرض، خطرات آن را یادداشت کنید. آیا آزمایشگاه شما دارای کابینت‌های تهویه‌شده یا کابینت‌های ایمنی بیولوژیکی است که خطر مواجهه را به‌طور کامل از بین ببرد؟

فصل دوازدهم:

بهداشت حرفه‌ای و برنامه‌های واکنش

مقدمه

کارفرما باید اطمینان یابد همه کارمندان سالم به خانه بازمی‌گردند و کاری که انجام می‌دهند، به سلامتی جسمی و روانی آن‌ها آسیب نمی‌رساند. این امر مستلزم اطمینان از امنیت محیط کار است، همه افراد به تجهیزات حفاظت فردی لازم دسترسی دارند و کارکنان آموزش ایمنی مناسب برای ابزار، مواد شیمیایی، میکروب‌ها یا محیطی را که قرار است در آن کار کنند، دریافت کنند. چنین آموزشی باید مستند باشد. دانشگاه‌ها باید به دانشجویان خود بیاموزند که چگونه در آزمایشگاه کار کنند، به دنبال چه چیزی باشند، خطرات کجاست و...، درست شبیه زمانی که شروع به رانندگی می‌کنید. پس از آن دانشجو باید این گواهینامه را برای ورود به آزمایشگاه بگیرد. باید به خاطر داشته باشیم اگرچه ممکن است فردی آموزش‌های اولیه ایمنی را برای کارهای آزمایشگاهی دیده باشد و به او مجوز کار در آزمایشگاه داده شده باشد، اما هنوز ترکیبات و محیط‌هایی وجود دارند که او پیش از اینکه مجوز کار با آن ترکیبات یا محیط‌ها را داشته باشد، به دانش یا آموزش بیشتری نیاز دارد؛ بنابراین، مسئولیت کارفرما این است که اطمینان یابد کارکنان همیشه آموزش کافی برای پروژه‌های خود را دریافت کرده‌اند تا بتوانند پس از یک روز کاری خوب به خانه برگردند.

مدیریت و ساختار سازمانی

مدیر در نهایت مسئول تمام نکات ایمنی در محل کار است. برای انجام این کار باید یک کمیته ایمنی مرکزی با ساختار مناسب ایجاد کند که افراد مستقیماً زیر نظر آن‌ها کار کنند؛ به همین

ترتیب، مدیران آزمایشگاه نیز مسئولیت دارند آزمایشگاه خود را به محل کار ایمن تبدیل کنند. هنگامی که شما محل کاری بزرگ مانند دانشگاه دارید، شاید نیاز به شبکه‌ای از کمیته‌های ایمنی باشد که با همکاری کمیته مرکزی ایمنی (که مستقیماً زیر نظر مدیرعامل یا رئیس/ رئیس دانشگاه عمل می‌کند) کار کنید. علاوه بر این، شاید نیاز به ایجاد کمیته‌های ایمنی تخصصی باشد که روی رشته‌های مختلفی مانند ایمنی زیستی، ایمنی شیمیایی، تشعشعات، اقدامات احتیاطی در برابر آتش، موضوعات انسانی و... تمرکز کنند.

در دانشگاه‌ها استادان یا محققان اغلب نمی‌خواهند افراد خارجی حتی مدیریت دانشکده! در پروژه‌های آن‌ها مداخله کنند که بر آزادی علمی اشاره می‌کند. این موضوع در مؤسسات یا شرکت‌ها مطرح نیست. گاهی اوقات آن‌ها نمی‌خواهند کسی بداند که چه کار می‌کنند، به‌خصوص اگر مربوط به ثبت اختراعات آتی یا اکتشافات جدید باشد. این امر آن‌ها را از رعایت استانداردهای ایمنی سختگیرانه و اطمینان از آگاهی کامل دانشجویان و کارکنان‌شان درباره خطرات ناشی از کارهایی که در آزمایشگاه انجام می‌دهند، محروم نمی‌کند. در چنین مواردی گروه ایمنی محلی باید از مسائل محرمانه احتمالی آگاه باشد و بدون کاهش الزامات استانداردهای ایمنی بالا، به آن‌ها احترام بگذارد.

هر آزمایشگاه منحصربه‌فرد است و بنابراین طرح ایمنی برای هر آزمایشگاه با سایر برنامه‌ها متفاوت است. هنگامی که کمیته ایمنی یک طرح استاندارد طراحی کرده است، مدیر هر آزمایشگاه باید براساس عملیاتی که در آن آزمایشگاه انجام می‌شود، یک برنامه مکتوب برای آزمایشگاه خود تهیه کند. متأسفانه بسیاری از محققان این کار را غیرضروری و وقت‌گیر می‌دانند؛ زیرا آن‌ها می‌خواهند روی رسیدن به اهداف تمرکز کنند و اغلب تحت استرس زیادی هستند؛ بنابراین، این طرح‌ها اغلب در دانشگاه‌ها مغفول مانده و نادیده گرفته می‌شوند. هنگامی که محقق یا استادی به یک مرکز آزمایشگاهی راه می‌یابد، باید بداند که مسئولیت این محل را بر عهده خواهد داشت و باید از آن‌ها خواسته شود که برنامه‌های لازم را بنویسند.

آیا الزاماتی برای اعضای کمیته ایمنی وجود دارد؟ مهم است که اعضا کاری را که در رشته‌های مختلف انجام می‌شود و همچنین ریسک‌های موجود را درک کنند. کمیته مرکزی

ایمنی در نوشتن خط‌مشی‌ها و دستورالعمل‌های کلی و همچنین ارائه مقررات جدید و اطلاعات مقامات مربوطه به کمیته‌های ایمنی محلی مشارکت خواهد داشت. کمیته مرکزی ایمنی نیز از طرف محل کار مجوزها و گواهینامه‌های لازم را درخواست خواهد کرد. همچنین مشارکت فردی که دارای سابقه منابع انسانی در کمیته‌های ایمنی می‌باشد، عملی است؛ زیرا کمیته‌های ایمنی شاید نیاز به اجرای روش‌ها و دستورالعمل‌های کاری جدید در محیطی داشته باشند که بسیاری از محققان می‌خواهند کارها را طبق معمول انجام دهند.

من اشتباه کردم! این چیزی است که بسیاری از مردم اعتراف به آن را دشوار می‌دانند، مخصوصاً اگر یک آقا مرتکب اشتباه شده باشد و باید آن را به یک خانم اعتراف کند! در بسیاری از فرهنگ‌ها این امر به طرز دردناکی دشوار خواهد بود. کمیته ایمنی همراه با مدیریت باید یک محیط امن از نظر روانی ایجاد کند که در آن از اعتراف به اشتباهات خود قدردانی شود تا بتوانیم از آن‌ها درس بگیریم و تغییرات مثبتی در محیط کار ایجاد کنیم.

گروه(های) ایمنی باید بر موارد متعددی مانند ایمنی آزمایشگاه (رشته‌های مختلف)، دفع پسماند، نشت‌ها، حوادث، اقدامات احتیاطی در برابر آتش‌سوزی، ایمنی روانی و همچنین ایمنی ساختمان نظارت داشته باشند. کمیته ایمنی در برخی از مکان‌های کاری ممکن است نیاز به مشارکت در برنامه‌های پزشکی داشته باشد؛ مانند کار در محل.

سلامت جسمانی

در سال ۲۰۱۴ فوری در شمال ایسلند رخ داد؛ جایی که اکنون میدان گدازه هولهراون در آن قرار دارد. طبیعت برای زمین‌شناسان حکم آزمایشگاه‌شان را داشت و این فرصتی عالی برای مشاهده فوران از فاصله نزدیک بود. با این حال مشکل، گازهایی بودند که با فوران به وجود آمدند.

پس از بررسی کامل، کمیته ایمنی به همراه رئیس دانشکده علوم زمین تصمیم گرفتند هر کارمند و دانشجوی دانش‌آموخته‌ای را که وارد منطقه آتشفشانی می‌شود، بررسی کنند. کسانی که بیماری ریوی یا محدودیت حرکتی داشتند، اجازه ورود به منطقه را نداشتند و همه باید یک آشکارساز اکسیژن همراه می‌داشتند.

گزارش حادثه

به منظور آگاهی صحیح از حادثه در محل کار مهم است کارکنان تمام حوادث را گزارش کنند. همچنین داشتن مسیری مشخص برای گزارش حادثه‌ای که تازه اتفاق افتاده، مناسب است؛ بنابراین، می‌توانیم از مخاطرات اطرافمان به‌خوبی آگاه شویم. برای اینکه این امر به‌طور مؤثر عمل کند، باید فرهنگ ایمنی سالم وجود داشته باشد و به‌طور مداوم در محل کار ترویج داده شود؛ جایی که مردم مایل باشند و تشویق شوند که آشکارا درباره حادثه بدون ترس از عواقب ناشی از آن صحبت کنند، حتی اگر ما را ملزم به اعتراف به اشتباهاتمان کنند.

گزارش‌های حادثه باید شامل شرح مفصلی درباره آنچه اتفاق افتاده، از جمله شرح جراحات رخ داده و چگونگی به‌وجود آمدن آن‌ها باشند. سپس باید تجزیه و تحلیل صورت گیرد تا ریشه مشکل پیدا شود. چرا حادثه در وهله اول رخ داد؟ عوامل زیادی در اینجا می‌توانند نقش داشته باشند؛ مانند: ابزارهای معیوب، بی‌احتیاطی لحظه‌ای محقق یا واکنش‌های غیرمنتظره. تمام عوامل مرتبط را در گزارش فهرست کنید. نکته کلیدی این است که از تجربه درس بگیرید تا احتمال تکرار آن را به حداقل برسانید. اگر حادثه در حین آزمایش یا پروتکلی اتفاق افتاده باشد، باید تکرار شود چه کاری می‌توان انجام داد تا احتمال تکرار حادثه مشابه کاهش یابد؟ این ارزیابی و تجزیه و تحلیل علت ریشه‌ای پیشین، برای ایجاد حس همکاری با همکاران مفید است؛ جایی که می‌توانید درباره چگونگی افزایش ایمنی همه افراد تحت شرایط مشابه بحثی سازنده داشته باشید.

بهتر است محل کار شکل استاندارد برای گزارش‌های حادثه داشته باشد که برای همه کارکنان به راحتی قابل دسترسی باشد. همچنین باید مشخص شود که گزارش‌های حادثه کجا باید ارسال شود. اگر هیچ‌کس گزارش‌های حادثه را نخواند، کاربرد بسیار محدودی دارد؛ بنابراین، کمیته‌های ایمنی مربوطه باید همه گزارش‌های حادثه را به‌طور منظم بررسی کنند تا بتوانند اطلاعات را تجزیه و تحلیل کنند. این امر به‌ویژه درباره شرایطی که انواع خاصی از حوادث ممکن است به‌طور غیرعادی رایج باشند، صدق می‌کند. سپس باید اقدامات مناسب برای کاهش احتمال تکرار حادثه مشابه انجام شود. کمیته‌های ایمنی در موقعیت خوبی برای

توزیع اطلاعات درباره پروتکل‌های ایمنی تنظیم‌شده در صورت لزوم قرار دارند؛ بنابراین، این روند بررسی حیاتی است.

محیط زیست سالم

آیا شما اشتباه کرده‌اید؟ چه اتفاقی افتاد که به سرپرست، مدیر یا همکار خود درباره‌اش گفتید؟ در یک محیط کار سالم ما می‌دانیم که همه گاهی اوقات مرتکب اشتباه می‌شوند و شما از اعتراف به آن ترسی ندارید؛ زیرا چنین اطلاعاتی مورد تقدیر و استقبال قرار می‌گیرد. ما نیز از آن درس خواهیم گرفت. متأسفانه خیلی‌ها می‌ترسند! آن‌ها بر این باورند که اعتراف به اشتباه، آن‌ها را فردی کمتر از آنچه که هستند، نشان می‌دهد، احساس شرم می‌کنند و ممکن است سعی کنند آن را پوشانده و پنهان کنند. همچنین برخی از مدیران با رفتار خود چنین اعمالی را تقویت می‌کنند؛ مثلاً با عصبانی شدن، از کوره در رفتن و/یا سرزنش فرد. در برخی فرهنگ‌ها اعتراف به اشتباه برای جنس مخالف حتی ممکن است دشوار باشد.

برای یک مجموعه سالم حیاتی است اطمینان یابدها که مجموعه از نظر روانی نیز سالم است؛ به این معنی که همه مورد احترام و ارزش هستند. مهم است هر کارمندی در به اشتراک گذاشتن اشتباهات احساس راحتی کند. همه ما می‌دانیم که آن‌ها پشیمان هستند و دفعه بعد بیشتر مراقب خواهند بود، اما باید بدانند که این موضوع تأثیری بر ارزش‌گذاری آن‌ها به‌عنوان کارمند ندارد.

یک محیط روانی سالم تضمین می‌کند که بدون توجه به جنسیت، نژاد، گرایش جنسی، سن، ناتوانی، وضعیت سلامتی (مثلاً بارداری)، قومیت، رنگ پوست، اصل و نسب، مذهب، اعتقادات، فرهنگ یا موقعیت برای شما ارزش و احترام قائل می‌شود. تبعیض یا آزار و اذیت به هر شکلی هرگز نباید مجاز باشد. باید در برابر خشونت، غیبت و تهمت قانون سخت‌گیرانه‌ای وجود داشته باشد. این مسئله محیط کار را مسموم می‌کند و باعث می‌شود برخی از کارمندان احساس ناراضی‌تی کنند.

مدیریت خطر

ارزیابی فعال و مدیریت خطر باید در هر محل کاری انجام شود. این باید هم در مقیاس‌های کلان، برای مثال در تمام بخش‌ها و کل کاری که در آنجا انجام می‌شود، و هم در مقیاس خرد برای آزمایش‌های منفرد انجام شود (شکل (۱۲-۱)).



شکل (۱۲-۱) محیط کار در آزمایشگاه (تصویر از: Birkir Eyþór Ásgeirsson).

رویکردهای مختلفی برای ارزیابی خطر در دنیا وجود دارد و تکمیل فرم ارزیابی خطر استاندارد آسان که پر کردن آن خیلی پیچیده نباشد، برای کمیته‌های ایمنی کاربردی است. فرم‌هایی که از نظر پر کردن و خواندن خیلی پیچیده باشند، خطر عدم استفاده مناسب از آن‌ها را افزایش می‌دهد. رویکرد PACE که در فصل ۱ توضیح داده شد، رویکردی است که می‌تواند برای ارزیابی خطر به‌ویژه در مقیاس خرد اتخاذ شود.

به‌طور کلی، اکثر رویکردهای مدیریت خطر به‌ویژه در مقیاس کلان چهار مرحله زیر را به یک شکل دنبال می‌کنند:

۱. شناسایی خطرات: پیش از اینکه بتوانیم خطر را مدیریت کنیم، باید برای شناسایی آن‌ها زمان بگذاریم. گاهی اوقات می‌توانیم آن‌ها را شناسایی کنیم؛ زیرا از خطرات مرتبط با کلاس‌های شیمیایی استفاده شده، باکتری‌ها و یا ویروس‌های مورد مطالعه اطلاع داریم و گاهی

اوقات خطرات ناشی از حوادث رخ داده را شناسایی می‌کنیم. به هر حال باید با شناسایی خطرها شروع کنیم.

۲. تجزیه و تحلیل / ارزیابی خطرات: گام بعدی، تجزیه و تحلیل یا ارزیابی خطر است تا ببینیم چه کاری می‌توان برای به حداقل رساندن خطر ناشی از آن انجام داد. برای مواد شیمیایی این اغلب شامل مشاهده اطلاعات در اوراق اطلاعات ایمنی (فصل ۴) یا خواندن درباره خطرات مرتبط با کلاس‌های خطر شیمیایی است. برای نمونه‌های بیولوژیکی می‌تواند شامل مطالعه بیماری‌هایی باشد که باکتری‌ها یا ویروس‌های خاص می‌توانند ایجاد کنند، چقدر جدی هستند و آیا درمان وجود دارد یا خیر.

۳. خطر را کنترل / اقدام کنید: هنگامی که خطرات را ارزیابی کردیم، باید اقدامات مناسبی را برای کنترل آن انجام دهیم که می‌تواند شامل مواردی مانند اطمینان از در دسترس بودن تجهیزات حفاظت فردی مناسب و سایر تجهیزات ایمنی، ارائه آموزش‌های بیشتر و انجام سایر اقدامات پیشگیرانه در صورت لزوم باشد. همچنین بهتر است یک برنامه اضطراری آماده برای اقداماتی که در صورت بروز حادثه باید انجام دهید، داشته باشید و مطمئن شوید که افراد از چگونگی واکنش آن‌ها آگاه هستند.

۴. بررسی و نظارت: مدیریت خطر در واقع یک پروتکل چهار مرحله‌ای نیست که بتوانیم آن را به پایان برسانیم، بلکه یک چرخه پیوسته است (شکل (۱۲-۲)). ما باید به‌طور مستمر خطرات را بررسی و بر آن‌ها نظارت کنیم و اگر ارزیابی خطر ما تغییر کند؛ برای مثال براساس اطلاعات جدیدی که می‌آموزیم یا پس از حوادث غیرمنتظره‌ای که رخ داده است، باید کنترل‌های خود را دوباره تنظیم کنیم.



شکل (۱۲-۲) چرخه مدیریت ریسک چهار مرحله‌ای
(منبع: Benjamin Ragnar Sveinbjörnsson).

محدودیت‌های سفر

چندین سال پیش گروهی از دانشجویان اروپایی قصد داشتند از تایلند دیدن کنند. هدف آن‌ها بازدید از یکی از دانشگاه‌ها و همچنین شرکت‌های بیوتکنولوژی بود. قرار بود یکی از اساتید با گروه همسفر شود. هنگام برنامه‌ریزی سفر هشدار برای سفر وجود داشت که توسط وزارت امور خارجه (در اسکاتلند، بریتانیا و ایالات متحده آمریکا) منتشر شد و به مردم توصیه می‌کرد به دلیل بی‌ثباتی اوضاع در آن زمان، همراه با تظاهرات و خشونت‌های خیابانی، در آن سال به تایلند سفر نکنند.

وقتی چنین هشدار از سوی وزارت امور خارجه داده می‌شود، باید به آن احترام بگذارید. اگر شما مسئول سفر هستید، مسئولیت اطمینان از سلامت همه افراد هنگام بازگشت به عهده شماست. تصمیمات مسئولانه بگیرید!

برنامه‌های واکنش اضطراری

اکثر کشورها وزارت حفاظت مدنی و مدیریت اضطراری دارند که دستورالعمل‌هایی را در صورت وقوع فاجعه یا بلایای طبیعی طراحی و منتشر می‌کند. اگرچه همه محل‌های کار باید

برنامه‌های اضطراری خاص خود را داشته باشند، شرکت‌ها، مؤسسات و دانشگاه‌هایی که آزمایشگاه دارند، به دلیل ماهیت عملیات در آزمایشگاه‌ها باید برنامه‌های واکنش اضطراری را تنظیم کنند.

در ادامه این فصل ایده‌هایی برای اقدامات مناسب در صورت وقوع بلایای طبیعی یا سایر موقعیت‌های خطرناکی که نیاز به واکنش فوری دارند؛ مانند انفجار، زلزله، یا یک حادثه شیمیایی یا بیولوژیکی بزرگ با آلودگی بعدی معرفی خواهند شد.

بخش‌های خاصی از این نوع برنامه‌های واکنش اضطراری باید حفظ شوند. زمانی که خطری به وجود می‌آید، به دلیل ترسی که با خطر همراه است، به عکس‌العمل غیرمنطقی تمایل داریم. در صورت آشنایی با برنامه واکنش اضطراری، احتمال عکس‌العمل‌های غیرمنطقی و اشتباه را کاهش می‌دهید.

همه ما «محل کار» خود را داریم. این ساختمانی است که در آن یک فضای اداری، اتاق مطالعه و/یا مرکز تحقیقاتی خود را دارید؛ بنابراین، با ساختمان محل کار خود و ساختمان‌هایی که در آن‌ها وقت می‌گذرانید، آشنا شوید. مطمئن شوید محل خروج‌های اضطراری و راه‌های فرار را می‌شناسید. محل تجمع در مواقع آتش‌سوزی یا موارد اضطراری دیگر کجاست و در صورت روشن شدن سیستم اعلام حریق، کدام درب‌ها به‌طور خودکار بسته می‌شوند؟ چگونه می‌توانم به آسان‌ترین و سریع‌ترین روش از ساختمان فرار کنم؟ آیا باید از پله‌های اضطراری یا نردبان استفاده کنم؟ اگر کارمند هستید یا نقش مدیریتی دارید، باید به محل ورودی آب و جعبه فیوز نیز دسترسی داشته باشید یا بدانید این محل‌ها در کجا قرار دارند.

در مواقع اضطراری ممکن است برای مراقبت از افراد و بانداز زخم‌ها به کمک شما نیاز باشد؛ بنابراین، گذراندن دوره کمک‌های اولیه یا سایر دوره‌های مشابه مفید است. هرچه تعداد افرادی که عکس‌العمل‌های درست را بدانند بیشتر باشد، شانس بیشتری برای به حداقل رساندن حوادث داریم.

انفجار یا نشت مواد شیمیایی بزرگ

یک انفجار شبیه چیزی غیر واقعی به نظر می‌رسد یا چیزی که هرگز نمی‌تواند در مؤسسه ما رخ دهد، اما این طور نیست. متأسفانه اکثر دانشگاه‌هایی که آزمایشگاه شیمی دارند، انفجار در آزمایشگاه خود را تجربه کرده‌اند. خوشبختانه این نمونه‌ها بسیار اندک و اغلب بسیار کوچک هستند. با این حال، این حوادث و نشت مواد شیمیایی می‌تواند بدون اطلاع پیشین رخ دهد و همه را غافل گیر کند. بهترین اقدام پیشگیرانه در برابر این حوادث این است که به‌طور سازمان‌دهی شده کار کنید و هر بار که وارد آزمایشگاه می‌شوید، به‌خوبی آماده باشید.

هنگامی که این نوع حوادث رخ می‌دهد، زنگ هشدار آتش باید بلافاصله فعال شود، ساختمان تخلیه شود و همه باید در محل تجمع ایمن حضور یابند. تنها استثنا در شرایطی است که جهت باد یا سایر شرایط ممکن است ایمنی محل تجمع را به خطر اندازد؛ برای مثال، اگر بخارات سمی در آن جهت منفجر شوند. با گروه خود بمانید تا زمانی که همه افراد بررسی شوند یا تا زمانی که وضعیت روشن شود. مطمئن شوید که افراد می‌دانند شما آنجا هستید تا هیچ‌کس دنبال شما نگردد.

وقتی حادثه اتفاق می‌افتد

- آرام باشید.
- با بخش آتش‌نشانی یا خدمات امداد اضطراری محلی تماس بگیرید.
- اعلام حریق را فعال کرده و ساختمان را تخلیه کنید. اعلام حریق باید تمام درب‌های حریق را به‌طور خودکار ببندد و با انجام این کار آلودگی احتمالی را محدود می‌کند.
- فوراً آزمایشگاه را ترک کنید، درب را ببندید و همه را همراهی کنید.
- برای محدود کردن آلودگی تا حد امکان درب‌ها و پنجره‌ها را ببندید.
- بعد از اینکه همه ساختمان را ترک کردند، باید درب‌ها بسته شوند.

پس از حادثه

- سازمان آتش‌نشانی تجهیزات لازم برای برخورد با موقعیت‌هایی از این قبیل را دارد. آن‌ها افرادی را آموزش داده‌اند که لباس مخصوص آتش‌نشانی دارند و برای ارزیابی موقعیت در محل، به بهترین شکل آموزش دیده‌اند. هرگز سعی نکنید یک قهرمان باشید! هیچ‌کس نباید وارد ساختمان شود تا زمانی که آتش‌نشانی ساختمان را برای ورود مجدد پاک‌سازی کند.
- اگر کسی مجروح شد، کمک‌های اولیه را ارائه دهید و به تیم امداد اضطراری یا خدمات آمبولانس اطلاع دهید. اگر کسی را می‌شناسید که در داخل ساختمان گیر کرده است، بلافاصله به آتش‌نشانان/تیم امداد اضطراری نیز اطلاع دهید.
- فرد کلیدی باید مسئول برقراری ارتباط با آتش‌نشانان و هدایت آن‌ها در داخل ساختمان باشد (برای مثال، از راه دور از طریق همدست) و در صورت نیاز اطلاعاتی درباره محل خاموش کردن ورودی گاز، آب و برق ارائه دهید.

مدتی پس از حادثه

کمیته ایمنی باید وضعیت را بررسی کند؛ از جمله برنامه‌های واکنش و عکس‌العمل‌هایی که انجام شد. همه مصدومان باید پیگیری شوند. ساختمان‌ها، ابزارها و روش‌ها باید احتمالاً همراه با مقامات محلی بررسی شوند.

زمین‌لرزه‌ها

زلزله به‌ندرت از پیش خبر می‌دهد. لازم است عکس‌العمل صحیح را یاد بگیرید و بتوانید آن‌ها را به‌طور خودکار اجرا کنید. بهترین اقدام پیشگیرانه برای حوادث ناشی از زلزله این است که مطمئن شوید کابینت‌ها و قفسه‌ها به‌درستی ایمن شده و روی دیوارها و/یا کف نصب شده‌اند. وسایل سنگین را نیز باید روی دیوارها محکم کنید یا در پایین کابینت یا قفسه قرار دهید.

هنگام وقوع زلزله

- آرام باشید.
- از اثاثیه و سایر چیزهایی که می‌توانند شروع به حرکت کنند، مانند وسایل سنگین، کتاب‌ها و چیزهایی که ممکن است از قفسه‌ها، اجاق‌ها، شیشه‌های شکسته و بخش‌هایی از ساختمان که احتمال سقوط دارند، دوری کنید.
- اگر در آزمایشگاه هستید، از مواد شیمیایی و تجهیزات آزمایشگاهی که ممکن است از روی میز یا از قفسه‌ها بیفتند و بشکنند، دوری کنید (شکل (۱۲-۳)). در صورتی که این اتفاق رخ دهد و بسیاری از ترکیبات مخلوط شوند، مشخص نیست چه اتفاقی می‌افتد. ممکن است ترکیبات و بخارات سمی ایجاد شود. بهتر است فوراً آزمایشگاه را ترک کنید و همه افراد را با خود بیرون ببرید.
- اگر وسایلی مانند سانتریفیوژها و اتوکلاوها روشن هستند که می‌توانند خطرات این موقعیت را افزایش دهند، آن‌ها را خاموش کنید. پیش از هر چیز به ایمنی خود فکر کنید و در اولین فرصت آزمایشگاه را ترک کنید و افراد دیگر را مجبور کنید که آزمایشگاه را با شما ترک کنند.
- به یاد داشته باشید که «رها کنید، پناه بگیرید و منتظر بمانید». شما می‌توانید این کار را در درب‌های باز انجام دهید و خود را به درب بچسبانید، اما مراقب درب باشید که ممکن است به هم بخورد. این کار را می‌توان در گوشه دیوارهای باربر انجام داد یا زیر میز پناه گرفت.



شکل (۱۲-۳): در ۱۸ جولای ۲۰۰۷ اتصالات دیواری در یکی از آزمایشگاه‌های دانشگاه ایسلند با نتایجی که در تصویر قابل مشاهده است، از جا در آمد. یک دانشجوی دکتری که در آزمایشگاه کار می‌کرد، تازه آنجا را ترک کرده بود که این حادثه رخ داد. اگر چند ثانیه بیشتر آنجا بود، کابینت بر سرش می‌افتاد.

پس از وقوع زلزله

- اگر مواد شیمیایی از قفسه‌های آزمایشگاهی سقوط کردند یا در صورت وقوع آتش‌سوزی مطمئن شوید هیچ‌کس در آزمایشگاه حضور ندارد.
- پس از آن تأسیسات را ببندید و با آتش‌نشانی تماس بگیرید. آن‌ها تجهیزات لازم برای چنین موقعیت‌هایی را دارند. همچنین افراد آموزش‌دیده‌ای با لباس‌های مخصوص دارند و برای ارزیابی موقعیت در محل به بهترین شکل آموزش دیده‌اند هیچ‌کس نباید وارد ساختمان شود، تا زمانی که آتش‌نشانی ساختمان را برای ورود مجدد پاک‌سازی کند.
- بررسی کنید آیا کسی زخمی شده است. در صورت وجود جراحات کمک‌های اولیه را ارائه دهید و با تیم امداد، اورژانس یا آمبولانس تماس بگیرید. اگر از طریق تلفن امکان دسترسی به آن‌ها وجود ندارد، محل حادثه را با یک پرچم شناسایی کنید.

- ورودی گاز و آب را قطع کنید و کلید برق اصلی ساختمان را در صورت آسیب دیدگی قطع کنید.
- اگر وضعیت را به گونه ای ارزیابی می کنید که یکپارچگی سازه ساختمان به خطر افتاده است یا اگر فکر می کنید خطر هنوز برطرف نشده است، ساختمان باید تخلیه شود.
- اگر مواد شیمیایی در آزمایشگاه وجود داشته که ممکن است از قفسه ها افتاده باشند، نشستن کردن گاز و ...، ساختمان باید تخلیه شود.
- ممکن است لازم باشد کانال های رادیویی خود را روشن کنید تا از راهنمایی های احتمالی پخش شده اداره ملی حفاظت مدنی و مدیریت اضطراری پیروی کنید.

در صورت نیاز به تخلیه منطقه به دلیل زلزله

- به همه افراد آسیب دیده کمک کنید تا از ساختمان خارج شوند.
- به همه اطلاع دهید که ساختمان باید تخلیه شود.
- ساختمان از طریق نزدیک ترین خروجی اضطراری را ترک کنید.
- در محل تجمع ایمن جمع شوید و نام همه را فهرست کنید.

وقتی زلزله تمام شد و اوضاع به حالت عادی برگشت

کمیته ایمنی باید وضعیت را بررسی کند، از جمله برنامه های واکنش و تصمیمات اتخاذ شده را. وضعیت همه کسانی را که مجروح شده اند، پیگیری کنید. ساختمان ها، ابزارها و دستورالعمل های واکنش باید با همکاری مقامات محلی بازنگری شوند.

حملات و هجوم ها

اگر موقعیتی پیش آید که در آن فردی تهدید کند، مسلح باشد، و قصد آسیب رساندن به دیگران یا هجوم را داشته باشد، مهم است آرامش خود را حفظ کرده و به درستی و با خونسردی در برابر او واکنش نشان دهید. درباره ایمنی خود خطر نکنید، چرا که مهاجم می تواند مسلح باشد. بلافاصله با پلیس تماس بگیرید و وضعیت را شرح دهید. در یک موقعیت

تیراندازی فعال، دستورالعمل کلی «دویدن، پنهان شدن و مبارزه» است؛ یعنی در صورت امکان بدوید و از وضعیت فرار کنید. اگر نمی‌توانید فرار کنید، مخفی شوید و صدای گوشی خود را خاموش کنید. اگر مخفی شدن کارساز نبود، ممکن است لازم باشد که به‌عنوان آخرین راه، با مهاجم مبارزه کنید. به‌ندرت در موقعیت تیراندازی فعال امکان مطرح کردن دلیل وجود دارد؛ بنابراین، مراقب این کار باشید. امنیت خود را در اولویت قرار دهید! همچنین در صورت امکان به دیگران هشدار دهید. در زیر چند نکته آمده است که باید آن‌ها را در نظر داشته باشید.

- آیا مهاجم در محل حضور دارد؟ آیا مهاجم مسلح است؟
- امنیت خود و دیگران را در اولویت قرار دهید.
- با پلیس تماس بگیرید.
- هنگام تماس با پلیس:
- نام و محل تماس خود را وارد کنید.
- تاجایی که می‌توانید وضعیت را دقیق توصیف کنید.
- مهاجم را تاجایی که می‌توانید از نظر ظاهری مانند لباس، ویژگی‌های شناسایی و ... توصیف کنید. از لحاظ رفتاری آیا هیجان‌زده، آرام، جست‌وجوکننده است؟ صحبت کردنش چگونه است؟ آیا تهدید می‌کند، داد می‌زند و...؟، آیا مسلح است؟
- منطقه را برای جلوگیری از ترافیک غیرضروری مسدود کنید تا افراد بیشتری در معرض خطر قرار نگیرند و از موقعیت‌های پرخطر احتمالی جلوگیری کنید.
- در صورت امکان با پلیس تیم واکنش سریع (SWAT) یا سایر تیم‌های واکنش تماس بگیرید و عکس‌العمل آن‌ها را گزارش دهید.
- مشاوره بحران، حمایت از قربانیان و خودتان را در نظر داشته باشید.

خطرات دیگری که ممکن است ایجاد شود

موقعیت‌های غیرمنتظره متعددی ممکن است رخ دهد. در زیر چند موقعیت معرفی شده که بهتر است از آن‌ها آگاهی داشته باشید:

سیل و نشت آب

- آب ورودی را ببندید.
- با واحد واکنش اضطراری تماس بگیرید.
- اگر حادثه پس از ساعت کاری یا در آخر هفته رخ داد، با ناظر ساختمان یا سرایدار تماس بگیرید.
- با حذف اشیای قیمتی از منطقه، آسیب را به حداقل برسانید.
- سعی کنید جریان آب را به نزدیک‌ترین زه‌کشی هدایت کنید.
- پاک‌سازی را شروع کنید.

قطع برق

- روشنایی اضطراری را تا نزدیک‌ترین خروجی دنبال کنید.
- اگر حادثه پس از ساعت کاری یا در آخر هفته رخ داد، با ناظر ساختمان یا سرایدار تماس بگیرید.
- سعی نکنید برد برق را خودتان تعمیر کنید.
- تا حد امکان آسیب را به حداقل برسانید.
- به خاطر داشته باشید که ممکن است نمونه‌های ارزشمندی در یخچال یا فریزر وجود داشته باشد.
- اگر برق در بازه زمانی مشخصی وصل نشد، ممکن است لازم باشد نمونه‌ها به واحدهای ذخیره‌سازی دیگری منتقل شوند.
- انبارهایی که نمونه‌های غیرقابل تعویض یا با ارزش را ذخیره می‌کنند، باید درباره اینکه نمونه‌ها در کجا می‌توانند جابه‌جا شوند، یک طرح پشتیبان داشته باشند.

طوفان

- اجسام غیر ثابت را به سطح زیرین متصل کنید.
- اطمینان یابید تمام پنجره‌ها و درب‌ها به‌طور ایمن بسته شده‌اند.



- لغو سفرها، سخنرانی‌ها، جلسات و سایر تعهدات.
- امنیت دیگران را به خطر نیندازید.

تمرین

در آزمایشگاه خود قدم بزنید و به دنبال حلال‌های آلی، اسیدها، بازها و سایر ظروف باشید که ممکن است حاوی مواد سمی یا خورنده باشند. کجا ذخیره می‌شوند؟ آیا در صورت وقوع زلزله ممکن است بطری‌ها روی زمین سقوط کنند؟ برخی اقدامات پیشگیرانه را پیشنهاد دهید.