

فصل سوم

آزمایشگاه شیمی

۱.۳ ایمنی در آزمایشگاه

آزمایشگاه شیمی مکانی برای مکاشفه و یادگیری است، ولی اولین و مهم‌ترین موضوع در آزمایشگاه‌ها رعایت اصول ایمنی و حفظ سلامت افراد است و این امر به عهده تمام کارکنان، مراجعین، کارآموزان، دانشجویان و

اساتید است. بایستی متذکر شد همه مواد شیمیایی سمی و مضر هستند و تنها مقدار این خطرات با هم تفاوت دارد؛ بنابراین اجرای برنامه ایمنی در آزمایشگاه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. اگرچه امکان ایجاد خطر در آزمایشگاه‌ها نسبت به کارخانجات خیلی کمتر است، ولی خطر جذب مواد سمی توسط بدن به مراتب بیشتر و گسترده‌تر است. اثرات سوء تماس این مواد با بدن در درازمدت و سال‌ها پس از تماس مشخص خواهد شد. کلر، آرسنیک، سدیم سیانید، سدیم آزید و هیدروژن سیانید از جمله مواد با سمیت بالا هستند. برخی مواد شیمیایی نظیر فرمالدئید، آب اکسیژنه، کلسیم کرینات، کلروفورم، بنزن و ... نیز سرطان‌زا هستند. بیماری‌های سرطانی درحال حاضر کمتر معالجه‌شدنی هستند، لذا در کاربرد مواد



آزمایشگاهی باید دقت کافی به عمل آید تا از ایجاد بیماری جلوگیری شود و به قول معروف علاج واقعه را قبل از وقوع باید کرد. از نکات مهم دیگر در آزمایشگاه نگهداری مواد شیمیایی در کنار هم است. بسیاری از مواد شیمیایی در صورت در کنار هم بودن ممکن است واکنش‌های خطرناکی انجام دهند که در بعضی موارد حتی موجب انفجار شود. بنابراین یک شیمی‌دان با تحقیقی مناسب از بروز این اتفاقات جلوگیری می‌کند، حتی اگر احتمال وقوع حادثه بسیار کم باشد.

۳.۱.۱ خطاهای انسانی

در اکثر موارد حوادث رخ داده در آزمایشگاه‌ها به دلیل «خطاهای انسانی» می‌باشد که جهت کارکردن در شرایط ایمن بایستی نکات زیر توسط آزمایشگر مورد توجه قرار گیرد.

۱. هرگز بدون تجهیزات حفاظت فردی^۱ (PPE) شامل روپوش، دستکش با توجه به نوع ماده، محافظ‌های تنفسی، محافظ‌های چشمی، کفش ایمن روکش دار، انبرک‌ها جهت عدم تماس با مواد، پیشبندهای لاستیکی یا پلاستیکی برای مواد خورنده و بازی و سایر وسایل ایمنی مناسب آزمایش انجام نشود. برای کار با برخی مواد خاص باید از وسایل مخصوص استفاده شود و تجهیزات ایمنی معمولی کارآیی لازم را ندارند.



۲. شیلنگ‌های آب و گاز هرگز بدون بست استفاده نشوند.

¹ Protective Personal Equipment

۳. هرگز از وسایل معیوب و شکسته استفاده نشود.



۴. هرگز آزمایش در حال اجرا را بدون مراقبت رها نکنید. در صورت نیاز اجباری به ترک محل یا در مورد آزمایش‌های نیازمند به زمان طولانی، حتماً توضیحاتی شامل نام آزمایش، نام آزمایشگر، تلفن تماس، مواد در حال واکنش و احتیاطات لازم را در محل آزمایش در دسترس قرار دهید.

۵. هرگز ظروف حاوی مواد و محلول‌ها را بدون درپوش محکم نگهداری نکنید تا ضمن جلوگیری از آلودگی هوای آزمایشگاه، از آلودگی نمونه‌ها با مواد خارجی جلوگیری شود.

۶. مواد مورد استفاده را فقط به میزان مصرف در روی میزها نگهداری کنید و بقیه را در محل مناسب انبار نمایید. روی میزها را خالی از تجهیزات و مواد غیر لازم نگهدارید و وسایل روی میزها را به طور مناسب و بی خطر قرار دهید.

۷. تمامی کارکنان باید محل کپسول‌های آتش‌نشانی، پتوهای ضد آتش، دوش‌های اضطراری، چشم‌شوی (فواره‌های چشمی) و روش استفاده از آنها را بدانند. کمک‌های اولیه، نزدیک‌ترین تلفن، شماره تلفن گروه‌های پزشکی، بیمارستان‌ها و آتش‌نشانی باید کاملاً در معرض دید باشند.

۸. قبل از کار با مواد شیمیایی، ابتدا با خواص آنها آشنا شده و خطرات و روش مقابله با آنها را شناسایی کنید (از طریق MSDS مواد).

۹. با علائم و هشدارهای ایمنی آشنا شوید.

۱۰. مسیرهای تردد در آزمایشگاه را خالی از اشیاء مزاحم نگهدارید.

۱۱. هرگز محلول‌ها را توسط دهان خود وارد پیپت نکنید بلکه از پوار (حباب ساکشن پلاستیکی) یا وسایل دیگر استفاده کنید.



۱۲. مشعل را در وسط میز آزمایشگاه و نه بر روی لبه آن نگه دارید. هنگام گرم کردن مایعات در لوله‌های آزمایش هرگز با لوله آزمایش به سمت خود و یا فرد دیگری اشاره نکنید. هرگز لوله آزمایش را مستقیماً از پایین گرما ندهید بلکه لوله را به طور شیب‌دار گرفته و آنرا به آرامی بین پایین لوله و بالای مایع حرارت دهید.

۱۳. حتماً به تمام ظروف حاوی مواد و محلول‌ها برچسب مناسب الصاق کنید. وقتی مواد شیمیایی به ظرف دیگری منتقل می‌شوند، همان علامت خطر باید روی ظرف جدید نیز چسبانده شود. در مورد ظروفی که برچسب‌هایشان گم شده است، در صورتی که هرگونه تردیدی وجود داشته باشد، آن ماده باید به دلیل ایمنی دور ریخته شود. چون بسیاری از مواد شیمیایی به مرور زمان خراب می‌شوند، بهتر است تاریخ خریداری بطری روی برچسب آن نوشته شود.

۱۴. از هرگونه خوردن، آشامیدن، آرایش کردن، سیگار کشیدن و آدامس جویدن در محیط آزمایشگاه پرهیز کنید. محیط آزمایشگاه آلوده به مواد سمی و خطرناک است. همچنین از کاربرد لنزهای تماسی چشم خودداری کنید.



۱۵. هنگام شستشوی ظروف و وسایل شیشه‌ای، ابتدا شیر آب را باز نموده و منتظر یکنواخت شدن جریان آب و ثابت شدن فشار آن شوید و سپس وسایل مورد شستشو را در مسیر جریان آب قرار دهید تا از رها شدن وسایل از دست (در اثر فشار ناگهانی آب) و شکستن آنها جلوگیری شود.

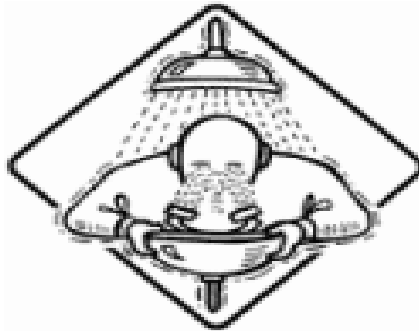
۱۶. حتی‌الامکان در ساعات خلوت روز آزمایش نکنید تا بتوانید در صورت نیاز از کمک سایر افراد استفاده نمایید.

۱۷. در صورت نیاز به زمان طولانی جهت انجام آزمایش، به‌جای انجام آن تا ساعات‌های انتهایی روز بهتر است آزمایش‌ها را زودتر شروع کنید.

۱۸. مواد و محلول‌های خطرناک و آلاینده محیط زیست را در فاضلاب یا سطل زباله خالی نکنید. این مواد و محلول‌ها باید جمع‌آوری و به طریق مقتضی دفع شوند.

۱۹. هوای آزمایشگاه به هیچ‌وجه نباید آلوده باشد. حتی اگر بوی آزمایشگاه مربوط به مواد سمی نباشد نشان‌دهنده عدم ایمنی آن آزمایشگاه است. این موضوع ممکن است به دلیل طراحی بد و معیوب بودن روش آزمایش، ضعیف بودن فن‌های تخلیه هوا، نشت گاز از مولدها و یا سیلندرها، عدم انجام صحیح آزمایش، کمبود اطلاعات افراد از خطرات آن مواد و یا مجموعه‌ای از موارد مذکور باشد.

۲۰. مواد شیمیایی فرار باید در ظروف دربسته نگهداری شوند تا از پخش بخارات و ذرات آنها جلوگیری شود. در هنگام تماس با مواد حتماً از دستکش‌های مخصوص برای هر ماده استفاده کنید و در صورت تماس مواد با بدن، محل تماس را با آب سرد جاری حداقل برای مدت ۵ دقیقه شستشو دهید.



۲۱. تمام آزمایشاتی که به نحوی امکان ایجاد بخار یا گرد و غبار در آنها می‌رود حتماً باید در زیر هود و یا ترجیحاً جعبه‌های دستکش‌دار انجام شود و هود مربوطه قدرت مکش کافی داشته باشد. هودها هوای اتاق را از طریق دودکش خارج می‌کنند، بنابراین در هنگام حضور در آزمایشگاه باید همیشه روشن باشند و صفحه جلوی آنها در قسمت مشخص قرار داشته باشد.



۲۲. از شوخی‌های دستی بی مورد در محیط آزمایشگاه خودداری کنید.



The favourite practical joke amongst Big Bang theorists.

۲۳. ظروف، دستکش و میز کار آلوده را باید به خوبی با آب سرد شست.

۲۴. مخصوصاً وقتی که با مایعات کار می‌شود باید دقت زیادی شود تا گازها و گرد مواد شیمیایی تنفس نشوند، فشار بخار ممکن است در حدی باشد که باعث صدمات تنفسی گردد.

۲۵. هرگز صورت، بینی و چشم‌هایتان را لمس نکنید، خودکار یا مداد را نمکید و هنگام ترک آزمایشگاه حتماً دست‌های خود را با آب و شوینده مناسب بشوید. میزها را تمیز نگه دارید و تمام تجهیزات را قبل از خروج از آزمایشگاه به محل اصلی خود باز گردانید. پس از اتمام کار و قبل از خروج از آزمایشگاه باید از خاموش بودن تمام دستگاه‌ها و بسته بودن شیرهای گاز و کپسول‌های اکسیژن و ... اطمینان کامل داشت.

۲۶. هرگز مواد شیمیایی برداشته شده را به بطری مبدأ خود برنگردانید. اگر شما بیش از مقدار مورد نیاز ماده‌ای برداشتید، آنرا به یکی دیگر از دانشجویان داده و یا دور بیندازید. برای اطمینان برچسب روی ظروف را دو بار بررسی کنید.



۳.۱.۲ برگه‌های اطلاعات ایمنی مواد^۱ (MSDS)

هنگام کار با مواد شیمیایی مختلف امکان بروز حوادثی نظیر تماس پوستی، بلع، استنشام، آزاد شدن یا ریخته شدن مواد در محیط و ... وجود دارد. بنابراین بسیار مهم است بدانیم در مقابله با این حوادث چگونه باید عمل کرد. اطلاعات لازم برای این منظور در برگه‌هایی به نام برگه‌های اطلاعات ایمنی مواد یا همان MSDS جمع‌آوری می‌شود. MSDS شامل متن‌ها و عبارت‌های استاندارد است که اطلاعات بهداشتی و ایمنی مواد شیمیایی و خطرات و احتیاطات لازم برای استفاده ایمن از فرآورده‌های شیمیایی را به طور خلاصه بیان می‌کند.

MSDS مواد مختلف را می‌توان از تولیدکنندگان آنها مطالبه نمود. از آنجاکه این گونه اطلاعات اغلب به صورت اضطراری و بدون پیش‌بینی قبلی مورد نیاز واقع می‌شوند، باید آنها را پرینت کرده و به ترتیب نام آیوپاک در یک زونکن و در محلی قابل دسترس در آزمایشگاه قرار داد.

یکی از قسمت‌های MSDS لوزی خطر است و اکثر سازمان‌های معتبر دنیا در تهیه MSDS مواد شیمیایی خود لوزی خطر را نیز وارد می‌کنند (بخش ۳.۱.۳). در حقیقت تهیه MSDS یکی از مهم‌ترین وظایف

¹ Material Safety Data Sheets

کارشناسان ایمنی و بهداشت است و معمولاً از آن به عنوان «نقطه آغاز» در یک برنامه مدیریت ایمنی و بهداشت یاد می‌شود. با این وجود، در درجه اول، مدیریت ارشد یک سازمان مسئول فراهم ساختن امکانات و شرایط لازم جهت تهیه و انتشار MSDS است و تأیید فنی آن بر عهده کارشناسان ایمنی و بهداشت خواهد بود.

MSDS تا حدود زیادی با برچسب ایمنی روی محصول متفاوت است. یک برچسب ایمنی (بخش بعدی) ممکن است مواردی کلی در مورد خطرات بالقوه یک محصول یا ماده شیمیایی خاص بیان کند، در حالی که MSDS اطلاعات جامع‌تر و کامل‌تری را عنوان می‌کند. در حقیقت MSDS خود می‌تواند به عنوان یک مرجع جهت تهیه برچسب ایمنی مواد به کار رود. به طور کلی می‌توان گفت MSDS بدین منظور تهیه می‌شود که خطرات یک محصول را بیان کند و به ما بگوید روش ایمن کار با آن محصول چگونه است.

قوانین ایمنی و بهداشت در هر کشور و در هر صنعت متفاوت است و بر حسب آن کشور یا صنعت ممکن است MSDSهای متفاوتی مشاهده شود اما نمونه استاندارد آن باید شامل ۱۶ مورد زیر باشد.

جدول ۱.۳ موارد موجود در یک MSDS.

۱	مشخصات سازنده/ فروشنده
۲	مشخصات خطر
۳	اطلاعات ترکیبات و اجزاء تشکیل دهنده
۴	کمک‌های اولیه
۵	اقدامات آتش‌نشانی
۶	اقدامات در شرایط اضطراری شامل ریخت و پاش‌های احتمالی
۷	نگهداری و انبارداری
۸	کنترل تماس و حفاظت فردی
۹	خصوصیات فیزیکوشیمیایی
۱۰	پایداری و واکنش پذیری
۱۱	اطلاعات سم‌شناسی
۱۲	اطلاعات اکولوژیکی و زیست محیطی
۱۳	نحوه دفع مواد زائد
۱۴	اطلاعات حمل و نقل
۱۵	اطلاعات مقرراتی شامل استانداردها
۱۶	سایر اطلاعات لازم

کم یا زیاد کردن اجزاء یک MSDS تا حدود زیادی بستگی به گروه هدفی دارد که قرار است از آن MSDS استفاده نمایند. اگر گروه هدف نگارش یک MSDS اشخاص غیر متخصص در زمینه ایمنی و بهداشت باشد، سعی کنید نام ماده شیمیایی، خطرات عمومی آن، کمک اولیه مورد نیاز در شرایط اضطراری و روش انبارش و حمل و نقل آن ماده حتماً در این MSDSها قرار گیرد. اما در صورتی که گروه هدف کارشناسان ایمنی و بهداشت باشند، هرچه MSDS جامع تر و در عین حال منظم و اصطلاحاً جمع و جورتر باشد، می تواند مفیدتر باشد.

به هر حال در تهیه هر نوع MSDS موارد زیر باید در نظر گرفته شود.

- قالب تهیه آن «آسان خوان» باشد (اصطلاحاً جمع و جور و شسته رفته باشد).
- جملات واضح داشته باشد. از جملات گنگ و چندپهلوی در تهیه آن پرهیز شود.
- شیوه نوشتن آن «دسته بندی شده» شده باشد.
- تا جایی که ممکن است فهم آن آسان باشد و از جملات مختصر استفاده شود (تحقیقات روان شناسی نشان داده است هرچه یک مطلب خلاصه تر، جذاب تر و ساده تر باشد میزان توجه به آن بیشتر است).
- از واژه های تخصصی استفاده نکنید. به عنوان مثال به جای ۲۰۰ سی سی آب بهتر است نوشته شود یک لیوان آب.
- به یاد داشته باشید مهم تر از تهیه یک MSDS، راحتی دسترسی و قابل فهم بودن آن است. MSDS در همه زمان ها و همه مکان هایی که ممکن است به آن نیاز باشد باید در دسترس باشد.

اصولاً لازم نیست تمام اطلاعات موجود در یک MSDS را بدانید بلکه چیزی که بسیار مهم است زمان درست استفاده از یک MSDS است. این فرهنگ باید برای کارمندان یک سازمان جا بیفتد که قبل از استفاده از هر ماده شیمیایی و یا محصول خاص، خطرات آنرا بشناسند و بدانند در شرایط مختلف چگونه در مقابل آن واکنش نشان دهند. در کشوری مانند کانادا قوانین ایمنی و بهداشت کشور عنوان می کنند اگر در طی سه سال اطلاعاتی مهم و قطعی درباره یک ماده شیمیایی و یا محصولی خاص کشف شود، کارفرمایان و سازندگان آن محصول باید اطلاعات MSDS خود را به روز یا آپدیت کنند و در اختیار کارمندان و کارگران خود قرار دهند. در صورت عدم وجود MSDS، مواد شیمیایی خطرناک نباید استفاده شوند.

برگه‌های اطلاعات ایمنی برخی مواد را به زبان انگلیسی می‌توان از آدرس‌های اینترنتی زیر تهیه کرد.

www.inchem.org

www.arkema-inc.com/msds.cfm

www.scottecatalog.com/msds.nsf/All

همچنین پایگاه‌های اینترنتی مختلفی وجود دارند که می‌توانند در یافتن منابع و اطلاعات مورد نیاز مرتبط با بهداشت حرفه‌ای و ایمنی مواد شیمیایی مفید باشند. لیست برخی از این پایگاه‌ها در جدول زیر آمده است.

جدول ۲.۳ پایگاه‌های اینترنتی مرتبط با بهداشت و ایمنی مواد.

گروه / سازمان	پایگاه اینترنتی - URLs
ACGIH	http://www.acgih.org
AIHA	http://www.aiha.org
ANSI	http://www.ansi.org
DOT	http://www.dot.gov
EPA	http://www.epa.org
ILO	http://www.ilo.org
IPCS	http://www.who.int/ipcs
ISO	http://www.iso.ch
NIOSH	http://www.cdc.gov/niosh
OSHA	http://www.osha.gov

۳.۱.۳ برچسب‌های ایمنی روی محصولات

یکی از وظایف اصلی کارشناسان ایمنی و بهداشت حرفه‌ای این است که تمام مواد وارد شده به محل کار آنها (مواد ورودی)، تمام مواد بینابینی و مواد خروجی از محیط کار را شناسایی کنند و خطرات آنها را با برچسب‌گذاری به دیگران معرفی کنند. این علامت‌ها در آزمایشگاه‌ها، مکان‌های نگهداری مواد شیمیایی یا روی ظروف مواد شیمیایی پیدا می‌شوند. یکی از معمول‌ترین راه‌های معرفی خطرات، استفاده از علائم ایمنی و هشدارهای مناسب مانند لوزی شناسایی خطر است.

کد Hazchem: این کد توسط سرویس آتش‌نشانی لندن به منظور فراهم نمودن اطلاعات لازم برای برخورد موقعیت‌های اضطراری در کار با مواد شیمیایی به وجود آمده است. این کد شامل یک سیستم کدگذاری الفبایی-عددی دو یا سه‌تایی است که راهنمایی برای اقدامات اضطراری می‌باشد. علامت اول همواره یک عدد از ۱ تا ۴ است و بیانگر وسیله مناسب برای اطفاء حریق و یا در صورت لزوم پاک‌سازی ریخت و پاش احتمالی ماده شیمیایی است (۱: آب به صورت جت، ۲: آب به صورت مه، ۳: فوم، ۴: عامل خشک) علامت دوم همواره یکی از حروف P تا Z است (به استثناء حروف Q، U و V) که بیانگر احتمال وجود یک واکنش شدید یا انفجار، نوع لباس حفاظتی مورد نیاز و چگونگی جمع‌آوری یا رقیق‌سازی ریخت و پاش‌های احتمالی ماده شیمیایی است. علامت سوم چنانچه وجود داشته باشد همواره حرف E خواهد بود که بیانگر این است که تخلیه افراد از محوطه آتش باید مد نظر قرار گیرد.

لوزی شناسایی خطر^۱:

انجمن ملی حفاظت حریق آمریکا^۲ (NFPA) استاندارد را تحت عنوان «NFPA 704» تدوین کرده است که برای شناسایی خطرات مواد (به ویژه مواد شیمیایی) به کار می‌رود. در بین کارشناسان ایمنی و بهداشت حرفه‌ای، این استاندارد به لوزی خطر مشهور شده است ولی شاید لوزی نجات اسم مناسب‌تری برای آن باشد. این لوزی خود از چهار لوزی دیگر تشکیل شده است که هر کدام دارای رنگ‌های متفاوتی است و هر رنگ دارای مفهوم خاصی است. به طور خلاصه می‌توان گفت لوزی خطر اطلاعاتی کلی در مورد خطرات مواد شیمیایی می‌دهد.

در این لوزی رنگ آبی خطرات سلامتی^۳، رنگ قرمز خطرات مشتعل شونده^۴، رنگ زرد خطرات واکنش‌پذیری^۵ و رنگ سفید خطرات خاص^۶ ماده شیمیایی را مشخص می‌کند. داخل این لوزی‌های رنگی، اعدادی قرار می‌گیرد که طبق جدول زیر هر چه این اعداد بزرگتر باشند نشان‌دهنده درجه خطر بالاتری هستند.

¹ Hazard Diamond

² National Fire Protection Association

³ Health Hazards

⁴ Flammability Hazards

⁵ Reactivity Hazards

⁶ Specific Hazards

جدول ۳.۳ مفهوم اعداد موجود در لوزی شناسایی خطر.

۴	حداکثر (Extreme)
۳	جدی (Serious)
۲	متوسط (Moderate)
۱	خفیف (Slight)
۰	کمترین (Minimal)

«مفهوم اعداد در ترکیب با رنگ‌ها در لوزی خطر»

رنگ آبی:

عدد ۴ (حداکثر): اگر مواد بسیار سمی یک یا چند مورد از موارد زیر را داشته باشند، در قسمت آبی لوزی عدد ۴ را دریافت می‌کنند.

- در مواجهه‌های بسیار کوتاه سبب مرگ یا آسیب‌های جدی شود طوری که نیاز به درمان سریع پزشکی باشد.
- یک ماده سرطان‌زا، جهش‌زا و یا با قابلیت تأثیر روی جنین انسان که قطعیت آن ثابت شده باشد یا مضمون به ایجاد این موارد در انسان باشد. مثال: فسفین و هیدروژن سیانید.

عدد ۳ (جدی): اگر مواد سمی یک یا چند مورد از خصوصیات زیر را داشته باشند در قسمت آبی لوزی عدد ۳ را دریافت می‌کنند.

- در اثر تماس کوتاه مدت با انسان باعث صدمات موقت یا صدمات ماندگار شود به طوری که مراقبت فوری پزشکی لازم باشد.
- یک ماده مضمون به سرطان‌زایی در حیوانات کوچک یا جهش‌زا و یا با قابلیت تأثیر روی جنین در حیوانات کوچک. مثال: گاز کلرین.

عدد ۲ (متوسط): مواد نسبتاً سمی که خصوصیات زیر را داشته باشند در قسمت آبی لوزی عدد ۲ را دریافت می‌کنند.

- مواجهه با غلظت بالای آن یا مواجهه مداوم با آن باعث ناتوانی (آسیب) و یا صدمات ماندگار شود مگر اینکه درمان پزشکی سریع انجام گیرد. مثال: اتیل اتر.

عدد ۱ (خفیف): مواد با سمیت پایین که خصوصیات زیر را داشته باشند در قسمت آبی لوزی عدد ۱ را دریافت می‌کنند.

- باعث سوزش و تحریک یا آسیب‌های ماندگار ضعیف شوند که نیاز به درمان خاصی نداشته باشد. مثال: استون.

عدد صفر (کمترین): مواد بی‌ضرر شناخته شده که خطری برای سلامتی ندارند، در قسمت آبی لوزی عدد صفر را می‌گیرند. مثال: لانولین.

رنگ قرمز:

عدد ۴ (حداکثر): موادی که به شدت قابل اشتعال باشند و نقطه اشتعال^۱ زیر ۲۳ درجه سانتیگراد یا ۷۳ درجه فارنهایت داشته باشند. مثال: پروپان.

عدد ۳ (جدی): مواد قابل اشتعالی که یک یا چند مورد از خصوصیات زیر را داشته باشند.

- به سرعت تبخیر شده و به تقریب در هر شرایط دمایی بتواند آتش بگیرد (مشتعل شود).
- با هوا ترکیب منفجر شونده‌ای تشکیل دهد و یا در هوا به سرعت بسوزد.
- به صورت خود به خودی بسوزد و اکسیژن خود را تأمین کند. مثال: بنزین.

عدد ۲ (متوسط): مواد قابل احتراقی که یک یا چند مورد از خصوصیات زیر را داشته باشند.

- باید در معرض دمای بالایی قرار گیرند تا شروع به آتش گرفتن کنند (حاد).
- باید با دمای یکنواختی گرم شوند تا شروع به آتش گرفتن کنند (مزم).
- مواد جامدی که به آسانی بخارات قابل اشتعال تولید می‌کنند. مثال: سوخت دیزل.

¹ Flash point

عدد ۱ (خفیف): موادی که تا حدود کمی قابلیت احتراق دارند و یک یا چند مورد از خصوصیات زیر را دارند.

- برای آتش گرفتن از قبل گرم شوند.
- نقطه اشتعال آنها بالاتر از $93/4$ درجه سانتیگراد یا 200 درجه فارنهایت باشد. مثال: روغن سویین^۱.

عدد صفر (کمترین): یک یا چند مورد از خصوصیات زیر را دارا باشند.

- نمی‌سوزند.
- به نقطه شعله‌زنی نمی‌رسند.
- وقتی ۵ دقیقه در معرض دمای $81/5$ درجه سانتیگراد یا 1500 درجه فارنهایت قرار گیرند نمی‌سوزند.

رنگ زرد:

عدد ۴ (حداکثر): ماده‌ای که یک یا چند مورد از ویژگی‌های زیر را دارد.

- در دما و فشار معمول می‌تواند به شدت منفجر یا از هم پاشیده شود.
- می‌تواند با مواد معمولی یا به طور خودبه‌خود واکنش حرارت‌زایی خود تسریعی شدید ایجاد نماید.
- در دما و فشار معمول ممکن است به شوک‌های گرمایی مکانیکی یا موضعی حساس باشد. مثال: نیتروگلیسرین.

عدد ۳ (جدی): موادی که یک یا چند مورد از خصوصیات زیر را داشته باشند.

- می‌تواند بترکد یا منفجر شود. ولی نیاز به نیروی قوی به راه‌اندازی یا گرمایش محدود شده قبل از شروع انفجار دارد.
- با مواد قابل احتراق به راحتی عمل اکسایش را تسریع می‌بخشد و ممکن است باعث ایجاد شعله آتش شود.

¹ Soybean

- در دمای بالا به شوک‌های گرمایی و مکانیکی حساس است.
- بدون نیاز به گرما ممکن است با آب به طور منفجر شونده‌ای واکنش دهد. مثال: آمونیوم نیترات.

عدد ۲ (متوسط): موادی که یک یا چند مورد از خصوصیات زیر را داشته باشند.

- به طور معمول غیر پایدار باشند یا به راحتی دچار تغییرات شدید شوند ولی منفجر نشوند.
- در دما و فشار معمول، دچار تغییرات شیمیایی شوند که منجر به آزاد شدن انرژی گردد.
- به شدت با آب واکنش دهند.
- موادی که وقتی با آب واکنش می‌دهند مخلوط ایجاد شده پتانسیل انفجار دارد. مثال: فسفر، پتاسیم و سدیم.

عدد ۱ (خفیف): ماده‌ای که به طور معمول پایدار است ولی در دماهای بالا و فشار بالا می‌تواند به حالت ناپایدار درآید. مثال: پروپن.

عدد صفر (کمترین): ماده‌ای که به طور معمول پایدار است و با آب واکنش نمی‌دهد (در این ویژگی بیشتر واکنش با آب در هنگام حریق مد نظر است). مثال: هلیوم.

رنگ سفید:

در لوزی کوچک سفید رنگ، ممکن است یکی از علامت‌های زیر مشاهده شوند.

W: ماده‌ای که به طرزی خطرناک و غیر معمول با آب واکنش می‌دهد (یعنی بر روی این ماده اگر آب بریزیم و یا آنرا بر روی آب بریزیم، ممکن است باعث ایجاد حادثه شویم).

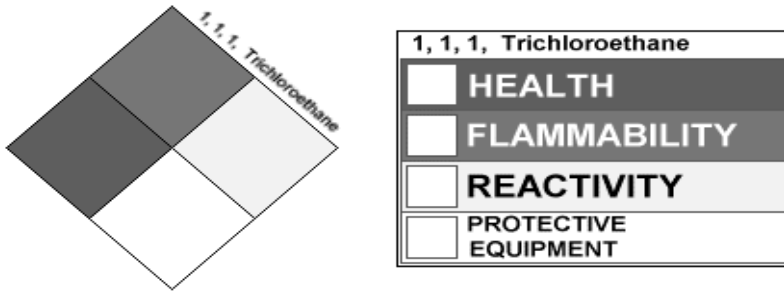
OXY: ماده اکسنده.

ACID: یک اسید را نشان می‌دهد.

ALK: یک باز را نشان می‌دهد.

COR: یک ماده خورنده را نشان می‌دهد.

SA: یک گاز خفه‌کننده ساده^۱ را نشان می‌دهد (البته این مورد به طور معمول نوشته نمی‌شود).



شکل ۱.۳. نمای کلی یک لوزی شناسایی خطر.

۲.۳ عملکرد بهینه در آزمایشگاه

آزمایشگاه‌ها باید طوری طراحی شوند که به آسانی قابل تمیز کردن باشند، سطح میزهای مورد استفاده در آزمایشگاه باید نسبت به آب غیرقابل نفوذ باشد؛ نسبت به اسیدها، قلیاها و حلال‌های آلی و ضربه و حرارت نسبتاً بالا مقاوم باشد. همچنین این تجهیزات بایستی استحکام کافی داشته باشند و فاصله بین میزها، قفسه‌ها و تجهیزات به اندازه‌ای باشد که تمیزکردن آن‌ها به آسانی انجام شود. هر آزمایشگاه باید دارای مکانی مخصوص جهت شستن دست‌ها به همراه مواد شوینده قوی و مناسب و شیرهایی که با حرکات آرنج، فشار و... باز و بسته می‌شوند باشد. تمام پنجره‌های آزمایشگاه باید مجهز به توری باشند و ساختار آن‌ها به گونه‌ای باشد که از ورود عوامل مزاحم جوی و یا زنده و نیز ورود سروصدای اضافی جلوگیری کند. باید منابع نیروی برق مستقل جهت پشتیبانی از وسایل و تجهیزات در زمان قطع برق وجود داشته باشد. اتاق‌های تعویض لباس و کمدهایی جهت قرار دادن وسایل و روپوش‌ها وجود داشته باشد و نور محیط آزمایشگاه باید در حد مناسب و مجاز باشد. دمای محیط نیز باید در حد مجاز و مناسب بوده و باعث ایجاد استرس گرمایی در فرد آزمایشگر نشود. اتاق‌ها و محل کار آزمایشگاهی باید حداقل ۳ متر از کف تا سقف ارتفاع داشته باشد و فضای مفید باید برای هر نفر کمتر از ۱۲ مترمکعب نباشد.

¹ Simple asphyxiate gas

۳.۲.۱ نظم و ترتیب در آزمایشگاه

رعایت نظم و ترتیب همراه با نکات کلی ایمنی دیگر عامل عمده‌ای در تأمین ایمنی آزمایشگاه است؛ همانطور که گفته شد آزمایشگاه باید همیشه تمیز و مرتب نگه داشته شود. راه‌های عبور اطراف و میان میزها و نزدیک درهای خروجی نباید با دستگاه‌ها و وسایل اشغال شده باشد. کفپوش‌ها باید در شرایطی باشند که مانع از لیز خوردن و افتادن شوند. هرگونه آلودگی زمین یا میزها باید فوراً تمیز شود. در واقع با توجه به میز کار آزمایشگر می‌توان دربارهٔ مهارت او نظر داد.

میز کار باید همیشه تمیز و خشک باشد؛ این کار در صورتی که دستمال‌های خشک و مرطوب همیشه کنار دست باشند بسیار ساده است. بهتر است عادت کنید همهٔ شیشه‌آلات بلافاصله پس از استفاده شسته شوند چون در آن زمان نوع آلودگی معلوم است. به علاوه اگر وسایل مدت زیادی کثیف مانده باشند تمیز کردن آنها مشکل‌تر می‌شود، به ویژه اگر حلال‌های فرار در این فاصله تبخیر شوند.

باید گفت یک مخلوط پاک‌کنندهٔ کلی برای تمام مواد وجود ندارد و یک شیمی‌دان باید با توجه به جنس ماده‌ای که پاک می‌کند و مقدار آن، اقدام به انتخاب پاک‌کننده کند. به عنوان مثال اگر بدانیم ماده ته ظرف خصلت بازی دارند، محلول رقیق هیدروکلریک اسید یا سولفوریک اسید می‌تواند آنها را کاملاً حل کنند؛ همچنین برای بقایای اسیدی، محلول رقیق سدیم هیدروکسید را می‌توان به کار برد. در نهایت محلول‌های آبی اسیدی و بازی را باید با شستشو توسط مقدار کافی آب خارج کرد. توصیه می‌شود در صورت امکان از حلال‌های آلی ارزان قیمت استفاده کنید و در آخر حلال را در بطری‌های جمع‌آوری مناسب (و نه در ظرف‌شوئی) بریزید تا بتوان آن را از طریق تقطیر بازیابی کرد.

وقتی شیشه‌شور در دسترس باشد، ساده‌ترین راه برای زدودن مواد ته‌نشین شده استفاده از شوینده‌های خانگی حاوی ساینده است، طوری که شیشه خش نیفتد. پودر شستشو یا مستقیماً داخل ظرف ریخته شده و با کمی آب مرطوب می‌شود یا روی شیشه‌شور پاشیده و روی سطح کثیف ساییده می‌شود تا رسوبات آن پاک گردد. در آخر نیز دستگاه باید به خوبی با آب مقطر آبکشی شود. اگر ساییدن با مخلوط آب و پودر شستشو کاملاً رضایت‌بخش نباشد، می‌توان پودر را با یک حلال آلی مانند استون خیس کرد.

سه محلول برای شستشو وجود دارد که در صورت موفق نبودن روش‌های بالا می‌توان آنها را به کار برد.

۱. محلول گرم تری سدیم فسفات ۱۵ درصد که به آن پودری زبر مثل سنگ جوش اضافه شده باشد (این واکنشگر برای زدودن باقیمانده‌های قیری مناسب نیست).

۲. عامل فعال سطحی بسیار کارآمد، دکون ۹۰، که ادعا می‌شود برای هرگونه تمیزکاری در آزمایشگاه مناسب است. این ماده کاملاً قابل شستشو است، فسفات ندارد، زیست تخریب‌پذیر و غیر سمی است و به ویژه برای روغن‌های سیلیکون، گریس‌ها، باقیمانده‌های بسپاری، قیر و قطران مناسب است.

۳. مخلوط پاک‌کننده کرومیک اسید. این محلول عمدتاً مخلوط کروم تریوکسید و سولفوریک اسید غلیظ است که قدرت اکسندگی شدید و انحلال‌پذیری بسیار بالایی دارد. روش مناسب تهیه آن به صورت زیر است: ۵ گرم سدیم دی کرومات را در ۵ میلی لیتر آب در یک بشر ۲۵۰ میلی‌لیتری بریزید؛ سپس ۱۰۰ میلی‌لیتر سولفوریک اسید غلیظ را به آرامی و همراه با هم‌زدن مداوم به آن اضافه کنید. وقتی دما به ۷۰ تا ۸۰ درجه سانتی‌گراد رسید مخلوط را به حال خود بگذارید تا دمای آن به ۴۰ درجه برسد، سپس آنرا به داخل یک بطری خشک با در شیشه‌ای منتقل کنید و برچسب واضحی روی آن بچسبانید. پیش از استفاده از مخلوط برای شستشو، ظرف‌ها ابتدا باید آبکشی شوند تا حد امکان مواد آلی محلول در آب (به ویژه مواد کاهنده) از آنها خارج شود. پس از خارج کردن هر چه بیشتر آب تا حد امکان، مقداری از این مخلوط پاک‌کننده را وارد ظرف کنید. سطح کثیف را کاملاً با محلول فوق خیس کنید و قسمت عمده مخلوط شستشو را دوباره به بطری باز گردانید. پس از مدت کوتاهی که مایع روی سطح ظرف پخش شد، همراه با تکان دادن، ظرف را کاملاً با آب شیر و سپس با آب مقطر بشویید.

پس از شستشو و آبکشی با آب مقطر، دستگاه‌های شیشه‌ای کوچک را می‌توان با گذاشتن در آون با دمای ۱۰۰ تا ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت تقریباً یک ساعت خشک کرد. اما بسیاری از وسایل آلی بزرگتر از آن هستند که داخل آون خشک شوند و همچنین پس از شستشو اغلب باید زود استفاده شوند؛ در نتیجه روش دیگری برای خشک کردن به کار می‌رود. در صورتی که وسیله با آب تر شده باشد، باید آب را تا حد امکان خارج کرد و سپس وسیله را با کمی الکل صنعتی یا استون شستشو داد. به منظور صرفه‌جویی، الکل صنعتی یا استون آبدار را باید در یک بطری برچسب‌دار جمع‌آوری کرد تا برای استفاده مجدد از طریق تقطیر، بازیابی شود. پس از شستشو با حلال آلی، خشک شدن به کمک مو خشک‌کن مخصوص آسان‌تر انجام می‌گیرد. این دستگاه یک بادبزنی برقی است که هوا را از روزنه‌های یک صافی می‌مکد، از یک گرمکن عبور می‌دهد و از درون لوله‌هایی به سمت بالا می‌راند که پایه دستگاه هستند و طوری ساخته شده‌اند که بالن‌ها و استوانه‌های دهانه تنگی را که خشک کردن آنها با شیوه دیگر مشکل است در خود جای می‌دهند؛ در انتهای هر لوله نگهدارنده دستگاه تعدادی سوراخ تعبیه شده است که موجب درست پخش شدن هوای داغ می‌شوند. در صورت نیاز می‌توان هوای سرد را هم در آن جریان داد.

شیشه‌آلات باید پیش از استفاده به دقت بررسی شوند و هر کدام که شکسته، لب پریده، ترک‌دار یا کثیف هستند حذف شوند. ترک‌های ریز در شیشه‌آلات به ویژه هنگام استفاده در سیستم‌های تحت خلأ خطرناک

هستند. بسیاری از کارهای دستی ساده با شیشه‌آلات نظیر بریدن میله‌ها و لوله‌های شیشه‌ای، وسیله شیشه‌ای درست کردن، وارد کردن لوله شیشه‌ای یا دماسنج به چوب پنبه یا درپوش لاستیکی یا خارج کردن درهای محکم بطری‌ها، می‌تواند به بریدگی‌های جدی منجر شود. باید دقت شود تا کار به شیوه‌ای صحیح انجام گیرد. تمامی وسایل و شیشه‌آلات تمیز که مورد استفاده نیستند باید جمع آوری شوند و روی میزهای کار انباشته نشوند.

۲.۲.۳ برچسب روی ظروف مواد و محلول‌های شیمیایی

زدن برچسب مناسب روی ظروف حاوی مواد و محلول‌های شیمیایی یکی از مسائلی است که باید در مورد آن دقت زیادی انجام شود. برچسب روی ظروف، در واقع همانند شناسنامه‌ای است که مشخصات محتوای ظرف را نشان می‌دهد و هنگام استفاده از این مواد و محلول‌ها می‌توان تصمیم صحیح گرفت که آیا مثلاً خلوص این ماده برای کار مورد نظر مناسب است؟ آیا محتوای ظرف تاریخ گذشته نیست؟ ناخالصی‌های این ماده چیست (با دانستن شماره کاتالوگ)؟ خطرات این ماده و احتیاط‌های لازم کدامند؟ و ...

در حالی که در نبود این اطلاعات نمی‌توان از محتوای ظرف به طور مناسب استفاده کرد و تنها راه باقیمانده دفع آن مواد است که می‌تواند منجر به آلودگی محیط زیست شود. به این ترتیب هزینه بالایی که برای خرید آن مواد صرف شده است تنها موجب آلودگی محیط زیست می‌شود.

برچسب ظروف حاوی مواد و محلول‌های شیمیایی باید مطابق نمونه زیر باشد.

جدول ۴.۳ نمونه برچسب روی ظروف حاوی مواد شیمیایی.

۱. نام ماده / اجزا:
۲. درصد خلوص / غلظت:
۳. تاریخ تهیه / ورود به آزمایشگاه:
۴. فرد / شرکت سازنده:
۵. شماره کاتالوگ:
۶. هشدارهای ایمنی:

همچنین برای اینکه در برخورد با مواد خطرناک بتوان به خوبی از برچسب‌های روی ظروف استفاده کرد باید با مفهوم علائم خطرناک آشنا شد (بخش بعدی).

۳.۲.۳ ریخته شدن مواد شیمیایی

در صورت ریخته شدن مواد شیمیایی به سرعت مسئول آزمایشگاه را باخبر کنید. توجه کنید موادی که با آنها کار می‌کنید بی‌خطر نیستند و ممکن است موجب مسمومیت، سوختگی و یا حتی مرگ شوند. در صورت ریختن ماده شیمیایی بر روی لباسان، با احتیاط لباس را خارج کرده و فوراً قسمتی از پوست که به ماده شیمیایی آغشته شده را با مقادیر زیاد آب بشویید و در صورت امکان دوش اضطراری بگیرید. تمام مدت، مسئول آزمایشگاه را در جریان کار خود قرار دهید. در صورتی که قسمت زیادی از لباس شما آغشته به ماده شیمیایی شده باشد، فوراً زیر دوش اضطراری بروید و همزمان که آب در حال ریختن است لباس را خارج کنید و پس از در آوردن آن، سر، صورت و بدن خود را با دقت و حوصله و با مقادیر زیاد آب شستشو دهید. حتی مقادیر کمی از مایعات شیمیایی که روی زمین یا صندلی‌ها پاشیده شده‌اند باید زود پاک شوند. سدیم بی‌کربنات و استیک اسید رقیق مواد ایمنی در آزمایشگاه برای خنثی کردن اسیدها و بازها هستند (تمام اسیدها و بازها را قبل از تمیز کردن خنثی کنید).

جیوه، سرب و برخی عناصر سنگین برای سلامتی خطرناکی جدی ایجاد می‌کنند. از طرفی بدن انسان نمی‌تواند از عهده دفع این مواد برآید. تمام فلزهای سنگینی که تا به حال به بدن شما راه یافته‌اند هنوز با شما هستند. برای مثال اگر در کودکی شما با جیوه بازی کرده‌اید و یا جوهرهای حاوی سرب را خورده‌اید، این مواد هنوز در بدن شما هستند (فلزهای سنگین برای مدتی بسیار طولانی در بدن می‌مانند و ممکن است موجب عوارضی چون بیماری‌های ذهنی، لرزش اندام و یا حتی مرگ شوند). تنها راه جلوگیری از این خطرها آن است که کم‌ترین رویارویی را با فلزهای سنگین داشته باشید. در صورت ریختن جیوه مثلاً در اثر شکستن یک دماسنج جیوه‌ای، به سرعت مسئول آزمایشگاه را خبر کنید.

هنگام شکسته شدن ظروف حاوی مواد شیمیایی سعی کنید کمتر نفس بکشید و سریعاً از محل دور شوید. حدود ۱۵ دقیقه صبر کنید تا مواد معلق ته‌نشین شوند، سپس به تمیز کردن محل پردازید.

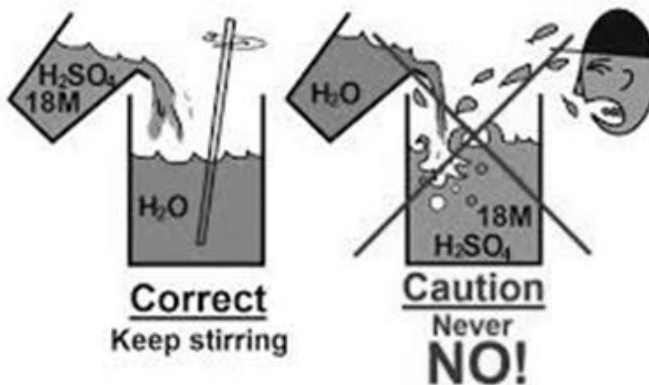
۴.۲.۳ شرایط حفاظتی کار با اسیدها

کار با اسیدها بسیار خطرناک است و فقط افرادی که از خطرات ناشی از کار با اسیدها کاملاً آگاهی دارند باید با آنها کارکنند. مراقبت‌های زیر باید در آزمایشگاه‌هایی که در آنها اسیدهای قوی و سایر مایعات سوزان موجود است رعایت گردد.

۱. وسایل مناسب و کافی برای شستشو موجود باشد تا چنانچه بدن یا لباس افراد به این گونه مایعات آلوده شد فوراً شستشو داده شود.
۲. همیشه باید مقدار کافی داروی شستشوی چشم در محل مناسب و با برچسب مشخص موجود باشد.
۳. اگر خطر پخش شدن و ترشحات اسید در میان باشد باید لباس‌های عایق اسید، عینک، کلاه عایق اسید، پوتین و دستکش لاستیکی فراهم باشد.
۴. ظروف محتوی اسیدها به خصوص اسید سولفوریک نباید در معرض تابش نور آفتاب قرار گیرند. آنها را در شیشه‌های کدر و دور از آفتاب قرار دهید.
۵. قبل از نقل و انتقال ظروف حاوی اسید باید سرپوش ظرف را کمی شل کرد و پس از تخلیه فشار آن درب آنرا محکم بست.

نکات زیر نیز در خصوص رقیق کردن اسیدها باید رعایت شود.

۱. نباید برای رقیق کردن اسیدها از ظروف فلزی استفاده کرد.
۲. در عمل باید همیشه اسید را در آب ریخت، نه آب را در اسید. زیرا اگر آب روی اسید ریخته شود تولید حرارت می‌نماید و با ایجاد جاب‌های هوا ذرات اسید را شدیداً به اطراف پخش می‌کند.



۳. پس از رقیق کردن باید مدتی بگذرد تا اسید به تدریج سرد شود، سپس از آن استفاده نمود.
۴. در موقع اضافه کردن اسید غلیظ به آب باید سعی شود اسید را با پیپت برداشت و در موقع تخلیه در آب آن را به جداره داخلی ظرف خالی کرد و سپس با همزن شیشه‌ای آنرا مخلوط کرد.

۳.۲.۵. مایعات و گازهای سرمازا^۱

ترکیبات سرمازا گازهایی هستند که در دماهای پایین به مایع یا جامد تبدیل شده‌اند. نمونه‌هایی از این ترکیبات سرمازا شامل هلیوم مایع، نیتروژن مایع، اکسیژن مایع و یخ خشک (دی اکسید کربن جامد) هستند. خطراتی که به دلیل استفاده از این ترکیبات ممکن است رخ دهد مانند صدمات بافتی (به شکل یخ زدن بافت به علت سرما)، ایجاد خفگی به دلیل جانشین شدن سرمازاها با اکسیژن موجود در هوا و احتمال انفجار به دلیل نوسانات فشار در ظرف نگهداری بسیار خطرناک هستند. خطر دیگری که هنگام استفاده از هیدروژن مایع، هلیوم مایع، و به ویژه نیتروژن وجود دارد تغلیظ شدن اکسیژن مایع است، که اگر اکسیژن مایع با مواد قابل اکسید شدن تماس پیدا کند امکان انفجار وجود خواهد داشت.

هنگام استفاده از ترکیبات سرمازا نکات زیر باید رعایت شوند.

۱. نگهداری و کارکردن با مواد سرمازا باید در مکانی که هوای آن به خوبی تهویه می‌شود صورت گیرد. از نگهداری و کارکردن با این مواد در فضاهای کوچک و در بسته اجتناب کنید.
۲. به عنوان یک اقدام پیشگیرانه همیشه موقع جابه‌جا کردن یا کارکردن با مواد سرمازا از دستکش مخصوص استفاده کنید.
۳. موقع تخلیه ماده سرمازا یا بازکردن درب ظرف آن باید ماسک محافظ صورت پوشیده شود.
۴. حمل و نقل مواد سرمازا باید به شیوه صحیح و تأیید شده انجام گیرد (مانند استفاده از ظروف دو جداره مخصوص). باید مواظب بود شیوه کار باعث افزایش بیش از حد گاز و بالا رفتن فشار نشود.
۵. در صورت استفاده از بالابره‌های برقی برای انتقال مواد سرمازا باید درب ظروف مورد استفاده کاملاً سفت و محکم بوده و حداکثر ظرفیت آن یک لیتر (برای مواد مایع) یا یک کیلوگرم (برای مواد جامد) باشد.

¹ Cryogenic

۳.۲.۶ سیلندرهاى گاز فشرده

خطرات ناشی از وجود سیلندرهاى حاوی گاز فشرده در آزمایشگاه ممکن است به دو صورت شیمیایی یا فیزیکی باشد. آزاد شدن ناگهانی حجم زیادی از یک گاز در محیط می‌تواند سبب کم شدن اکسیژن موجود در هوا و متعاقب آن ایجاد خفگی در افراد حاضر در آزمایشگاه نماید. بعضی از گازهای موجود در آزمایشگاه به دلیل قابلیت زیاد اشتعال‌پذیری‌شان ممکن است سبب آتش‌سوزی در محیط شوند. در صورتی که شیر خروجی در اثر ضربه به سیلندرها آسیب دیده باشد، احتمال بروز صدمات جبران‌ناپذیر وجود دارد.



جابه‌جایی سیلندرهاى گاز فشرده باید توسط دوچرخه مخصوص آن که مجهز به زنجیر محافظ سیلندر است انجام شود. به منظور محافظت از شیر سیلندر، حتماً باید موقع حمل و نقل در پوش محافظ شیر بسته شده باشد. سیلندرهاى گاز فشرده در آزمایشگاه باید حتماً به وسیله زنجیر یا تسمه‌ای محکم به دیوار ثابت شده باشد یا در نگهدارنده فلزی مخصوص در کف آزمایشگاه قرار گیرد. سیلندرها را در مسیر تردد عمومی قرار ندهید. سیلندرهایی که حاوی گازهای قابل اشتعال هستند را در مکانی دور از شعله (چراغ بونزن) و گرم‌کننده‌های برقی (هات پلیت) بگذارید. برای اطمینان از نوع گاز موجود در سیلندر، به رنگ سیلندر اعتماد نکنید، بلکه حتماً برچسپ سیلندر را بررسی کنید. با توجه به نوع گاز سیلندر، تنها از شیر تنظیم‌کننده (رگولاتور) مخصوص به آن گاز استفاده کنید. شیرهای خروجی در مواقعی که لازم نیست باید بسته باشد. هرگز خودتان اقدام به پرکردن مجدد سیلندر نکنید. تولیدکنندگان مربوطه این کار را خواهند کرد و در صورت نیاز، سیلندرها را رفع نقص خواهند نمود.

حتی‌الامکان سعی کنید تعداد سیلندرها را کاهش داده و آنها را بیرون آزمایشگاه نگهداری کنید و مراقب نشد آنها باشید.

۳.۲.۷ ضایعات مواد شیمیایی

در آزمایشگاه انواع پسماندهای عادی، شیمیایی، تیز و برنده، پرتوزا، ترکیبی و ... تولید می‌شود. به منظور حفظ سلامت افراد، محیط زیست و جلوگیری از اثرات سوء آنها مدیریت ایمن و صحیح ضایعات ضروری است. برنامه مدیریت شامل مراحل تفکیک، آلودگی‌زدایی، ذخیره، حمل‌ونقل و دفع می‌باشد. از راه‌های دفع بهداشتی زباله‌ها می‌توان به اتوکلاو کردن، سوزاندن در کوره‌های مخصوص و یا سایر روش‌های دفع زباله اشاره کرد.

کلیه پسماندهای آلوده آزمایشگاهی باید به صورت بهداشتی، با روشی مناسب و به صورت روزانه دفع شوند. پسماندهای تیز و برنده نیز باید در جعبه‌های ایمن^۱ قرار گرفته و قبل از پر شدن جعبه دفع شوند. دفع پسماندها باید در کیسه‌های ضخیم، مقاوم و رنگی (زرد) صورت گیرد. در موقع جمع‌آوری، حمل و دفع پسماندها باید از وسایل و پوشش‌های محافظتی استفاده شود. همچنین جمع‌آوری پسماندها باید با دست صورت گیرد چرا که استفاده از ابزار مکانیکی جمع‌کننده ممکن است سبب پاره شدن و پاشیدن پسماندها از کیسه شود. پسماندهای حلال‌های شیمیایی باید مطابق دستورالعمل‌ها تفکیک شوند، در ظروف مناسب و مقاوم به نشت و دارای برچسب مواد شیمیایی جمع‌آوری شده و دور از حرارت، جرقه، شعله و نور مستقیم خورشید و در محلی با تهویه مناسب نگهداری شوند. حلال‌های هالوژن دار به ویژه باید دور از سایر حلال‌ها نگهداری شوند. باید سطل‌های جداگانه درداری برای شیشه‌آلات شکسته و مواد آتشگیر مانند کاغذ و پارچه که برای خشک کردن مایعات آتش‌زا به کار رفته اند، در آزمایشگاه وجود داشته باشند.

اغلب مجتمع‌های بزرگ آزمایشگاهی طوری سازماندهی شده‌اند که مواد زایدشان به طریقی مناسب دور ریخته می‌شود؛ به عنوان مثال آنها امکان سوزاندن مقادیری از مواد آلی آتش‌گیر را دارند. ولی مؤسسات کوچک‌تر برای این امر باید با مراکز تخصصی قرارداد ببندند. مسئله دور ریختن مقادیر کمی از مواد شیمیایی سمی و خطرناک زائد را کارکنان هر آزمایشگاه می‌توانند با ابتکار خود حل کنند. رهنمودهایی درباره روش‌های مناسب دور ریختن در فهرست‌های مواد شیمیایی خالص آلدريج به طور کامل نوشته شده است. مقررات محلی در ارتباط با ریختن زباله‌های شیمیایی در فاضلاب عمومی بسیار سختگیرانه است. تحت هیچ عنوانی زباله‌هایی که روی آنها کار نشده است و حلال‌های آلی نامحلول در آب نباید به داخل ظرف‌شویی ریخته شوند.

¹ Safety box

۳.۲.۸. عملیات خوب آزمایشگاهی^۱ (GLP)

انجام درست و با برنامه‌ریزی یک آزمایش بستگی به استفاده بهینه از مواد و محیط آزمایش دارد و با داشتن مجموعه‌ای یکسان از شاخص‌ها و معیارها می‌توان به تکرارپذیری و اعتبار نتایج آن آزمایش امید داشت. به عنوان مثال سازمان‌های دولتی مسئول حفظ حقوق شهروندی و حفظ محیط زیست جهت بررسی ایمنی محصولات تولیدی نیاز به داده‌های آنالیز شیمیایی دارند که در این میان دستورالعمل GLP برای پاسخ به این نیازها تدوین می‌شود. GLP با ایجاد دستورالعمل‌های یکسان در آزمایشگاه‌ها موجبات افزایش کیفیت در تمام شرایط و مراحل پردازش تحقیقات آزمایشگاهی را فراهم می‌کند. این مبحث که بسیار مفصل است در قالب چندین کتاب قابل توضیح است و از یک برنامه‌ریزی دقیق و رسم جدول برنامه‌ریزی زمانی برای انجام یک پروژه تا درست کار کردن با دستگاه‌ها و کالیبره کردن دقیق تجهیزات را شامل می‌شود.

GLP در برگیرنده اصولی به منظور طراحی، اجرا، مشاهده، گزارش، ثبت و بایگانی مطالعات آزمایشگاهی می‌باشد و اصول آن اغلب در مراکز تحقیقاتی مربوط به کارخانه‌های مواد غذایی و آزمایشگاه‌های همکار اداره استاندارد و معاونت غذا و داروی وزارت بهداشت به کار گرفته می‌شود. با استفاده از اصول GLP می‌توان اطمینان حاصل کرد که داده‌های حاصله و اطلاعات ثبت شده انعکاس‌دهنده واقعی نتایج حاصل از مطالعات انجام شده هستند، در نتیجه باعث پذیرش آزمایش‌های انجام شده در سطح بین‌المللی خواهد شد. این اصول اطمینان بیشتری را در مورد سلامت فرآورده‌های مورد آزمایش قبل از ارسال آنها به بازارهای مصرف ایجاد می‌کنند و کیفیت آنها را تضمین می‌کنند.

ارائه خدمات آزمایشگاهی دقیق و قابل استناد در زمینه‌های مختلف مستلزم رعایت حداقل پیش‌نیازها و الزامات برای برقراری شرایط و عملیات مناسب و مطلوب آزمایشگاهی است. لذا این راهنما که برگرفته از استانداردهای ملی و بین‌المللی و اطلاعات و دست‌یافته‌های علمی و تخصصی در زمینه شرایط مطلوب آزمایشگاهی با نظر کارشناسی است، این امکان را برای آزمایشگاه‌ها فراهم آورده است تا علاوه بر آگاهی از برقراری الزامات زیرساخت، طراحی و چیدمان، تجهیزات و کالیبراسیون، شرایط انجام آزمون و صحت‌گذاری به مجموعه‌ای از نکات مهم در رابطه با ایمنی، روند ایجاد مستندات و نحوه نگهداری آنها نیز دست یابند. هدف از تدوین این دستورالعمل، تعیین الزامات کلی و ارائه یک راهنما برای یکسان‌سازی، ارزیابی، تأیید صلاحیت و ایمنی در آزمایشگاه‌های مختلف است.

الزامات عمومی: این الزامات شامل چارت سازمانی، مسئولیت و اختیار هر یک از کارکنان و تأیید صلاحیت آنها است. تشکیلات سازمانی آزمایشگاه باید به نحوی طراحی شود که توالی مسئولیت‌ها و ارتباطات درون سازمانی در قالب یک چارت مدون تعیین گردد. مسئولیت و اختیار هر یک از کارکنان با توجه به صلاحیت و

^۱ Good Laboratory Practice

پست سازمانی مربوطه باید به طور کامل و شفاف مشخص و مدون گردیده و به کارکنان تفهیم شود. صلاحیت تمام کارکنان شاغل در آزمایشگاه با توجه به نوع فعالیت آنها باید بر مبنای تجربه، تخصص، مدرک تحصیلی و دوره‌های آموزشی طی شده تعیین شود.

الزامات مستندات: آزمایشگاه باید تمام مدارکی که به طور مستقیم با فعالیت‌های کاری خود در ارتباط است، تهیه و جمع‌آوری نماید. تمام مدارکی که مستند شده و تحت کنترل قرار می‌گیرند باید توسط افراد مشخص و مسئول برای استفاده کارکنان در آزمایشگاه، تصویب و مجاز شناخته شوند. فهرست اصلی مدارک برای کنترل وضعیت، شامل عنوان سند، تاریخ تصویب، شماره سند، وضعیت بازنگری یا تجدید نظر و توزیع آنها باید تهیه شده و در دسترس باشد. هرگونه تغییر و اصلاح به صورت دست‌نویس و پس از علامت‌گذاری، امضاء و تاریخ‌گذاری توسط مسئولین ذیربط قابل استفاده خواهند بود ولی اصل مدارک باید در اسرع وقت بازنگری و تصویب شوند و به طور رسمی صادر گردند.

طرح کیفیت^۱: طرح کیفیت سندی است که توسط فرد آزمایش کننده برای انجام فعالیت‌های آزمون به کار گرفته می‌شود.

روش اجرایی آزمون^۲ (SOP): سندی است که مراحل و شرح کامل انجام یک آزمون را بیان می‌کند و فرد آزمایش کننده باید مطابق SOP که برای هر آزمون جداگانه تهیه می‌شود، مراحل کار را دنبال کند و در هر مرحله اطلاعات و داده‌های به دست آمده را ثبت و گزارش نماید.

روش اجرایی مرتبط با دستگاه‌ها و تجهیزات: نحوه کار با دستگاه‌ها باید موجود و در دسترس باشد. در صورتی که کار با دستگاه احتمال بروز خطر برای کاربر را دارد، تمام نکات ایمنی و هشدارهای لازم برای آگاهی فرد باید به صورت قابل رؤیت در دسترس باشد. برنامه و سوابق کالیبراسیون و تعمیر و نگهداری تجهیزات و دستگاه‌ها نیز باید ثبت و نگهداری شده و قابل ردیابی باشد.

موارد قابل اهمیت دیگر در الزامات مستندات GLP شامل مستندات مربوط به خرید مواد شیمیایی، محلول‌ها، پودرها و استانداردها، به روز آوری مستندات و مراجع و ثبت و نگهداری سوابق علمی و فنی آزمایشگاه است. بخش دیگری از GLP نیز به منابع انسانی، محیط کار، مواد و تجهیزات، طراحی و کنترل آزمون‌ها، سیستم نمونه‌برداری و نگهداری نمونه‌های شاهد، ایمنی محل و کارکنان، امحاء پس‌ماندهای شیمیایی و میکروبی، ارزیابی دوره‌ای و رسیدگی به شکایت مشتریان اختصاص می‌یابد و با جزئیات کامل دستورالعمل‌های مشخصی را برای آنها ارائه می‌دهد.

¹ Quality plan

² Standard Operation Procedure

۳.۳ مواد شیمیایی

ابزار اصلی بیشتر آزمایش‌ها در آزمایشگاه‌ها مواد شیمیایی هستند. بنابراین شرکت‌های تخصصی زیادی به تولید مواد شیمیایی در مقیاس صنعتی و پژوهشی می‌پردازند. این مواد کاربردهای صنعتی، دارویی، غذایی و پژوهشی دارند. تعداد مواد شیمیایی بسیار زیاد بوده و طبقه‌بندی آنها نیز متنوع و وسیع است. به عنوان مثال در یک طبقه‌بندی کلی و بر اساس کاربرد می‌توان مواد شیمیایی را در گروه‌های مختلف نظیر داروها و مواد آرایشی، افزودنی غذاها، مواد کشاورزی و مواد صنعتی قرار داد. آشنایی با طبقه‌بندی‌های مختلف می‌تواند در شناسایی عوامل شیمیایی از جنبه‌های مختلف و نیز کاربرد صحیح و ایمن مواد مؤثر باشد.

در صنعت تولید مواد شیمیایی، مواد شیمیایی به سه دسته اصلی مرغوب و خالص^۱ (FC)، فله‌ای^۲ (BC) و پژوهشی^۳ (RC) تقسیم می‌شوند.

مواد شیمیایی مرغوب و خالص به طور تجاری با واکنش‌های شیمیایی و روش‌های بسیار اختصاصی تولید می‌شوند؛ مقدار تولید آنها کم است و موارد استفاده ویژه‌ای دارند. این مواد شیمیایی خود به چند دسته تقسیم می‌شوند.

- اجزاء دارویی فعال^۴ (API) و مواد واسطه آنها (Pharmacons).
- بیوسایدها^۵ (مواد شیمیایی که سبب مرگ ارگانسیم‌های زنده می‌شوند، نظیر حشره‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها، باکتری‌کش‌ها، علف‌کش‌ها و ...)
- مواد شیمیایی ویژه برای کاربردهای پژوهشی.
- مواد شیمیایی ویژه برای کاربردهای تکنیکی نظیر جوهرهای ویژه، مواد شیمیایی فتوگرافیک و ...

مواد شیمیایی فله‌ای در مقیاس وسیع تولید می‌شوند، درجه خلوص بالایی نداشته و بیشتر در صنعت استفاده می‌شوند. مواد شیمیایی پژوهشی صرفاً در آزمایشگاه‌های تخصصی و در مقیاس بسیار کم و محدود تولید می‌شوند.

¹ Fine Chemicals

² Bulk Chemicals

³ Research Chemicals

⁴ Active Pharmaceutical Ingredients

⁵ Biocides

شرکت‌های معتبر در زمینه تهیه و تولید مواد شیمیایی و دارویی، به ویژه آزمایشگاهی و پژوهشی شامل 'Roche، 'Riedel-de Haen®، 'Fluka، 'Sigma-Aldrich، 'Merk Serono، 'Merk KGaA، Alfa Aesar و Acros organics هستند.



۳.۳. ۱ کدهای بین‌المللی در شناسایی مواد شیمیایی

عدد UN^۱: یک سیستم کدگذاری عددی چهار رقمی است که به صورت بین‌المللی برای شناسایی کالاهای خطرناک وضع شده است. این اعداد از UN0001 تا UN3500 بوده و از سوی کمیته تخصصی حمل و نقل کالاهای خطرناک ملل متحد مشخص شده‌اند. در این سیستم ممکن است یک عدد UN اختصاصاً مربوط به یک ماده باشد (مانند فنل با UN1671). گاهی نیز یک عدد ممکن است متعلق به گروهی از مواد با خطرات مشابه باشد. در مواردی چنانچه ماده‌ای در حالت‌های جامد و مایع خصوصیات متفاوتی داشته باشد ممکن است اعداد مختلفی را به خود اختصاص دهد.

عدد NA^۲: این کد مربوط به آمریکای شمالی بوده و با توجه به اینکه توسط دپارتمان حمل و نقل آمریکا وضع شده است به نام عدد DOT^۳ نیز شناخته می‌شود. این سیستم کدگذاری مشابه سیستم عددی UN است اما برخی مواد فاقد عدد UN ممکن است دارای عدد NA باشند. این اعداد اضافه‌تر شامل NA8000 تا NA9999 هستند.

¹ UN Number

² NA Number

³ Department of Transportation

عدد ثبت CAS^۱: یک سیستم کدگذاری عددی با فرمت XXX-XX-X است که برای شناسایی عناصر و ترکیبات شیمیایی مختلف وضع شده است. این سیستم کدگذاری توسط سرویس خلاصه شیمیایی^۲ که در واقع شاخه‌ای انجمن شیمی آمریکا می‌باشد فراهم شده است. از آنجا که یک ماده ممکن است دارای اسامی مترادف و متفاوتی باشد هدف از این سیستم آسان نمودن شناسایی و جستجوی اطلاعاتی مواد است، به طوری که اکثر سیستم‌های اطلاعاتی امکان جستجو از طریق این سیستم ثبت را فراهم می‌آورند.

عدد IUPAC^۳: یک سیستم کدگذاری بین‌المللی برای شناسایی مواد شیمیایی بوده و به منظور ارائه یک روش استاندارد و قابل درک برای شناسایی اطلاعات مولکولی مواد و آسان نمودن جستجوی این اطلاعات وضع شده است. سیستم آیوپاک توسط اتحادیه بین‌المللی شیمی محض و کاربردی^۴ تدوین شده است.

عدد RTECS^۵: یک سیستم ثبت اثرات سمی مواد شیمیایی^۶ با فرمت ABXXXXXXXX می‌باشد (مانند بنزن با RTECS#: CY1400000). این سیستم ثبت به همراه اطلاعاتی که توسط انستیتو ملی ایمنی و بهداشت حرفه‌ای آمریکا^۷ (NIOSH) تدوین شده است برای دستیابی به اطلاعات سم‌شناسی در مورد یک ماده شیمیایی مفید است.

۴.۳ مواد شیمیایی خطرناک

مواد خطرناک شامل تمام مواد و عوامل با منشأ شیمیایی، فیزیکی و یا بیولوژیکی هستند که قادرند سلامت و ایمنی انسان و محیط را به مخاطره بیندازند. تعداد مواد و عوامل شیمیایی خطرناک بسیار زیاد بوده و طبقه‌بندی آنها نیز متنوع و وسیع است. به طور کلی در تقسیم‌بندی خطرات مواد دو سیستم بین‌المللی شامل سیستم ملل متحد (UN System) و سیستم اروپایی (EC System) وجود دارد. در سیستم ملل متحد کالاهای خطرناک از دیدگاه ایمنی و بر حسب خطرات حاد تقسیم‌بندی شده و برچسب گذاری می‌شوند، در حالی که در سیستم اروپایی تقسیم‌بندی عوامل شیمیایی عمدتاً از جنبه بهداشتی و بر اساس اثرات حاد و

¹ CAS Registry Number

² Chemical Abstract Service

³ IUPAC Number

⁴ International Union of Pure and Applied Chemistry

⁵ RTECS Number

⁶ Registry of Toxic Effects of Chemical Substances

⁷ National Institute of Occupational Safety and Health

مزمّن مواد است. با توجه به اثرات بهداشتی و خطرات فیزیکی ناشی از مواد می‌توان آنها را به دو صورت مواد شیمیایی زیان‌آور^۱ و کالاهای خطرناک^۲ مورد بررسی و شناسایی قرار داد.

۳.۴.۱ عوامل شیمیایی زیان‌آور

منظور از عوامل یا مواد شیمیایی زیان‌آور تمام مواد شیمیایی و آلاینده‌های محیطی است که تماس با آنها معمولاً به مرور موجب اثرات زیان‌آور روی سلامتی انسان و موجودات زنده می‌شود. در سال‌های اخیر دانشمندان و حتی مردم عادی نسبت به اهمیت «اثرات مزمّن» مواد بیشتر حساس شده‌اند زیرا معمولاً این اثرات بی‌سروصدا ایجاد شده و پس از مدت زمان طولانی ظاهر می‌شوند. به عنوان مثال سرطان‌زایی یکی از وخیم‌ترین اثرات مزمّن است که ممکن است در اثر تماس‌های مکرر و طولانی مدت با غلظت‌های کم عوامل شیمیایی زیان‌آور ایجاد گردد. از طرفی توجه به اثرات مزمّن مواد نباید موجب شود که کارکنان از «اثرات حاد» مواد سمی و همچنین خطر انفجار یا اشتعال مواد غافل شوند. علاوه بر این احتیاط در مقابل خطرات حاد می‌تواند احتمال وقوع اثرات مزمّن را نیز کاهش دهد.

۳.۴.۲ کالاهای خطرناک

کالاهای خطرناک شامل مواد شیمیایی و عواملی هستند که قادرند موجب تهدید آبی و فوری سلامت و ایمنی افراد، تجهیزات و محیط گردند. در تقسیم‌بندی کالاهای خطرناک علاوه بر مواد شیمیایی، مواد رادیواکتیو و مواد عفونی نیز مورد توجه قرار می‌گیرند. در حالی که عوامل شیمیایی زیان‌آور معمولاً بر اساس اثرات سلامتی و عمدتاً طولانی مدت مواد تقسیم‌بندی شده و مورد مطالعه قرار می‌گیرند، کالاهای خطرناک بر اساس اثرات آبی و فوری مواد تقسیم‌بندی می‌شوند. به مثال زیر توجه کنید.

یک لیتر حلال گزین موجود در آزمایشگاه در درجهٔ اول به عنوان یک عامل شیمیایی زیان‌آور محسوب می‌شود که خطر استنشاق بخارات گزین را به همراه دارد. در حالی که ده لیتر گزین موجود در یک انبار شیمیایی یا در هنگام حمل و نقل در درجهٔ اول به عنوان یک کالای خطرناک تقسیم‌بندی می‌شود که دارای قابلیت اشتعال است.

¹ Hazardous substances

² Dangerous goods

۳.۴.۳ سیستم جهانی طبقه‌بندی مواد شیمیایی (GHS)

وجود سیستم‌های متعدد در طبقه‌بندی خطرات مواد شیمیایی مشکل‌ساز بوده و نه تنها در ایمنی شیمیایی و بررسی اثرات سلامت بلکه در فعالیت‌های صنعتی و تجاری نیز موجب سردرگمی می‌گردد. به همین دلیل در اواخر سال ۲۰۰۲ سازمان ملل متحد مکانیسمی را برای هماهنگ نمودن معیارهای مربوط به طبقه‌بندی و تبادل اطلاعات خطر ارائه نمود که سیستم جهانی طبقه‌بندی و برچسب‌گذاری مواد شیمیایی^۱ یا GHS نامیده می‌شود. این سیستم برای رویارویی صحیح با خطرات و با توجه به تجارت گسترده جهانی مواد شیمیایی و به منظور اطمینان از کاربرد ایمن مواد در تمامی مراحل از تولید تا استفاده، حمل و نقل و دفع مواد زائد ارتقاء یافته است. در سیستم GHS طبقه‌بندی مواد بر حسب نوع خطرات و راه‌های هماهنگ تبادل اطلاعات خطر شامل برچسب‌ها و MSDSهای با فرمت یکسان می‌باشد. هدف این سیستم اطمینان از در دسترس بودن اطلاعات لازم در زمینه خطرات فیزیکی و اثرات سمی و زیست محیطی مواد به منظور ارتقاء سلامت انسان و محیط است. هم اکنون تدوین سیستم GHS تکمیل شده و آماده است که توسط کشورهای مختلف به کار گرفته شود.

۳.۴.۴ طبقه‌بندی عوامل شیمیایی زیان آور

یکی از راه‌های مهم طبقه‌بندی مواد شیمیایی در نظر گرفتن خصوصیات و ترکیب شیمیایی مواد است. در این طبقه‌بندی می‌توان مواد را در دو گروه کلی مواد معدنی و مواد آلی قرار داده و سپس هر یک را در گروه‌های شیمیایی مختلف مورد مطالعه قرار داد. به عنوان مثال توجه به گروه‌های مواد شیمیایی و بررسی مواد در گروه‌هایی نظیر فلزات و ترکیبات فلزی، حلال‌های آلی و آفت‌کش‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است که در اینجا برای کمک به شناسایی بهتر و آشنایی با خصوصیات آنها به طور خلاصه مورد بررسی قرار می‌گیرند.

ترکیبات آلی: در قدیم به ماده‌ای ترکیب آلی گفته می‌شد که توسط بدن موجودات زنده ساخته می‌شد. تا اینکه در سال ۱۸۲۸، وهلر^۲ دانشمند آلمانی، برای اولین بار در آزمایشگاه از یک ترکیب معدنی به نام ایزوسیانات جسمى به نام اوره با فرمول $CO(NH_2)_2$ تهیه کرد و از آن پس معلوم شد می‌توان مواد آلی را نیز در آزمایشگاه ساخت. امروزه بیش از یک میلیون نوع ماده آلی شناخته شده است که بسیاری از آنها را در آزمایشگاه‌ها تهیه می‌کنند.

¹ Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals

² Wohler

ترکیبات معدنی: اگر شیمی آلی به عنوان شیمی ترکیبات کربن (عمدتاً آنهایی که شامل هیدروژن یا هالوژن‌ها به علاوه عناصر دیگر هستند) تعریف شود، شیمی معدنی را می‌توان به طور کلی به عنوان شیمی عناصر دیگر در نظر گرفت که شامل همهٔ عناصر باقیمانده در جدول تناوبی و همینطور کربن (که نقش عمده‌ای در بیشتر ترکیبات معدنی دارد) می‌گردد. شیمی آلی-فلزی نیز زمینهٔ وسیعی است که با سرعت زیاد رشد می‌کند و به علت اینکه ترکیبات شامل پیوندهای مستقیم فلز-کربن را بررسی می‌کند این دو شاخه را به هم مرتبط می‌سازد. همانطور که می‌توان حدس زد، قلمروی شیمی معدنی با فراهم کردن زمینه‌های تحقیقی اساساً نامحدود، بسیار گسترده است.

مقایسهٔ ترکیبات آلی و معدنی: در تمام مواد آلی حتماً کربن وجود دارد، در صورتی که مواد معدنی بدون کربن بسیارند. افزون بر این اتم‌های کربن در ترکیبات آلی می‌توانند با هم ترکیب شوند و زنجیرهای طولی تشکیل دهند، در حالی که این خاصیت در عناصر دیگر خیلی کمتر دیده می‌شود. مقاومت مواد آلی در برابر حرارت از مواد معدنی کمتر است. اغلب واکنش‌های میان مواد آلی کند و دو جانبه یا تعادلی هستند، در صورتی که اغلب واکنش‌های معدنی تند می‌باشند. در ترکیبات آلی ممکن است دو یا چند جسم مختلف با فرمول‌های ساختمانی مختلف، دارای یک فرمول مولکولی باشند که در این صورت به آنها ایزومر یا هم‌فرمول گفته می‌شود.

فلزات و ترکیبات فلزی: فلزات و ترکیبات فلزی از دیرباز و از ابتدای تمدن بشر شناخته شده و مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در حدود ۷۰ تا ۸۰ عنصر از جدول تناوبی فلز محسوب شده و در این بین حدود ۴۰ فلز تحت عنوان فلزات معمولی^۱ نامیده می‌شوند. گزارش شده است که حدود کمتر از ۳۰ فلز یا ترکیبات آنها ایجاد سمیت می‌کنند؛ فلزات از قدیمی‌ترین موادی هستند که سمیت آنها برای انسان شناخته شده است. برخی از اثرات فلزات مانند قولنج ناشی از تماس با فلزاتی نظیر سرب، جیوه و آرسنیک در حدود ۲۰۰۰ سال قبل گزارش شده است. سمیت فلزات تا حدودی بستگی به موقعیت آنها در جدول تناوبی و نیز خواص فیزیکوشیمیایی مانند حلالیت، یونیزاسیون، سایز ذرات و ترکیب شیمیایی نمک‌های فلزی دارد. تماس با فلزات اثرات سمی حاد و مزمنی را در کارگران ایجاد می‌کند. از علائم عمومی مسمومیت با فلزات علائم گوارشی، تب فیوم فلزی، سر درد، خستگی، سرفه و ایجاد طعم فلزی در دهان می‌باشد. تماس‌های مزمن با برخی فلزات سنگین مانند کروم و کادمیوم می‌تواند منجر به سرطان‌زایی در انسان گردد.

حلال‌های آلی: حلال‌ها مواد شیمیایی صنعتی هستند که به دلیل قدرت پاک‌کنندگی جرم‌ها و چربی‌ها کاربرد بسیار زیادی دارند. حلال‌های صنعتی، مواد شیمیایی و غالباً ترکیبات آلی فراری هستند که برای حل کردن موادی نظیر رنگ‌ها، چربی‌ها، موم و روغن‌ها به کار می‌روند. این حلال‌ها در ترکیبات مختلفی مانند

¹ Common metals

چسب‌ها، محلول‌های پاک‌کننده، رزین‌های اپوکسی، استحکام دهنده‌ها، لاک‌ها، رقیق‌کننده‌ها، رنگ‌ها، بتونه و حتی پاک‌کننده‌های لاک ناخن یافت می‌شوند. به کارگیری حلال‌های گوناگون در صنایع و نیز در منازل بسیار معمول بوده و استفاده جهانی دارد. به طور کلی در صنایع جهان و خصوصاً صنایعی مانند پلیمر، رنگ‌ها و صنایع پوشش‌دهی از حلال‌ها در مقادیر بسیار زیادی استفاده می‌شود. تماس‌های طولانی مدت با برخی حلال‌ها مانند استن، الکل‌ها، بنزن، تولوئن، گزین، گازوئیل، متیلن کلراید و تورپنتین موجب اثرات سمی حاد و مزمن می‌گردند. برخی از اثرات تماس کوتاه مدت با حلال‌ها شامل تحریک پوست، چشم‌ها و سیستم تنفسی، سردرد، حالت تهوع، سرگیجه و سبکی سر است. تماس با بخارات حلال‌های مختلف ممکن است اثرات سمی مختلفی را موجب شود. بسیاری از حلال‌ها اثرات تخدیری داشته و موجب خستگی و گیجی می‌شوند. تماس با غلظت‌های بالای حلال می‌تواند موجب بیهوشی و حتی مرگ گردد. تماس با حلال‌ها در دوزهای بالا زمان عکس‌العمل را آهسته نموده و قدرت تصمیم‌گیری را مختل می‌کند که این مسئله می‌تواند موجب بروز حوادث در هنگام کار و یا در ترافیک برگشت به منزل گردد. حلال‌ها همانطور که قاعدتاً باعث چربی زدایی و تمیزکردن قطعات شوند، می‌توانند به پوست انسان نیز صدمه زده و موجب درماتیت و مشکلات پوستی مانند خشکی، ترک خوردگی، قرمزی و تاول شوند. برخی حلال‌ها علاوه بر اثرات موضعی می‌توانند از راه پوست نیز در مقادیر قابل توجه جذب شده و وارد جریان خون شوند و موجب بروز اثرات سیستمیک شوند. حلال‌ها می‌توانند باعث اثرات سیستمیک روی کبد، کلیه‌ها، مغز استخوان، سیستم عصبی و مغز شوند. بسیاری از حلال‌ها با عنوان سموم عصبی و نیز مواد سرطان‌زا شناخته شده‌اند. آسیب به سیستم تولید مثل و صدمات وارده به جنین از سایر اثرات ناشی از تماس با حلال‌ها است. تماس با بخارات ناشی از حلال‌های آلی در محیط‌های کار بسیار متداول بوده و در صورت عدم رعایت اصول کنترلی می‌تواند اثرات سمی مختلفی را در کارگران ایجاد نماید. در میان حلال‌ها بنزن، دی سولفید کربن و تتراکلرو کربن از مهم‌ترین حلال‌های زیان‌آور شناخته شده هستند.

آفت‌کش‌ها: آفت‌کش‌ها سموم و ترکیبات شناخته شده‌ای هستند که برای از بین بردن و کنترل آفات مختلف مانند حشرات، جونده‌ها، قارچ‌ها و علف‌ها به کار می‌روند. بر اساس نوع ترکیب آفت‌کش‌ها شامل ترکیبات ارگانوفسفره، ارگانوکلره، کاربامات‌ها، پیرتروئیدهای مصنوعی، آفت‌کش‌های بیولوژیکی و میکروبی هستند. اثرات سمی آفت‌کش‌ها بستگی به نوع آفت‌کش دارد. در حالی که برخی از آفت‌کش‌ها سمیت نسبتاً کمی دارند، برخی دیگر بسیار سمی بوده و می‌تواند سلامتی انسان را شدیداً به مخاطره انداخته و حتی موجب مرگ گردد. آفت‌کش‌های ارگانو فسفره و کاربامات‌ها سیستم عصبی را از طریق وقفه در فعالیت آنزیم کولین استراز تحت تأثیر قرار می‌دهند. اختلال در فعالیت آنزیم کولین استراز موجب تجمع استیل کولین، که یک انتقال دهنده عصبی است، در بدن شده و باعث انقباضات غیر ارادی عضلات و اختلالات حرکتی می‌گردد. سایر آفت‌کش‌ها شامل سموم ارگانوکلره موجب تحریک پوست، چشم و غشاء مخاطی می‌گردند. سموم ارگانوکلره قدرت حلالیت زیادی در چربی دارند و با داشتن اثر ابقایی به سختی تجزیه می‌شوند. از این رو کاربرد بسیاری از ارگانوکلره‌ها به دلیل مقاوم بودن در برابر تجزیه ممنوع و یا بسیار محدود شده است.

همچنین تماس‌های طولانی مدت با غلظت‌های بالای برخی از آفت‌کش‌ها می‌تواند منجر به ایجاد اثراتی در سیستم تولید مثل، جهش‌زایی و سرطان‌زایی گردد. برخی از آفت‌کش‌ها نیز موجب اختلالات سیستم هورمونی یا سیستم آندوکراین بدن می‌شود.

TLV: نشانه خطر مربوط به استفاده از مواد سمی در شکل بخار یا گرد و غبار پراکنده به صورت یک مقدار حد ارائه می‌شود. مقدار حد آستانه^۱ (TLV) که با ppm یا $mg.m^{-3}$ بیان می‌شود بیانگر حد مجاز در معرض قرار گرفتن کارکنان بر مبنای روز به روز و بدون عوارض زیان‌آور است. کنفرانس بهداشت‌گران صنعتی آمریکا^۲ (ACGIH) این مقادیر را که هر سال طبق روز تجدید نظر می‌شوند ارائه می‌دهد. از سال ۱۹۸۴ دو نوع حد مورد قبول سازمان اجرایی بهداشت و ایمنی انگلستان قرار گرفته است که تنها مربوط به مواد موجود و مورد استفاده در انگلستان می‌باشد. این دو حد عبارت‌اند از حد توصیه شده (RL) به صورت ppm یا $mg.m^{-3}$ که حد مناسب و واقعی مجاورت با مواد شیمیایی را نشان می‌دهد و حد کنترل (CL) به صورت ppm یا $mg.m^{-3}$ که برای تعداد نسبتاً کمتری از مواد که اثرات سمی غیر معمول و جدی دارند به کار می‌رود. از حد کنترل نباید فراتر رفت و هرگاه امکان داشته باشد باید آنرا کاهش داد و در هر حال استفاده از این مواد مقررات و قواعد به کارگیری خاص خود را دارد. مقادیر RL هر ساله مورد تجدید نظر قرار می‌گیرند، ولی مقادیر CL در مدت زمان‌های کوتاه‌تری دستخوش تغییر می‌گردند. در انگلستان از مقادیر TLV هنگامی استفاده می‌شود که مقادیر RL و CL در دسترس نباشند. در مورد بعضی مواد حدود در معرض قرار گرفتن دراز مدت و کوتاه مدت (LTEL یا STEL) هم منتشر می‌شود. در نهایت باید متذکر شد شورای اروپا در نظر دارد فهرست هماهنگی از استانداردهای موجود را برای کشورهای بازار مشترک اروپا پیشنهاد کند.

۳.۴.۵ طبقه‌بندی کالاهای خطرناک

همان‌طور که بیان شد کالاهای خطرناک به موادی گفته می‌شود که می‌توانند موجب آسیب آنی و فوری به افراد، تجهیزات و محیط گردند. کالاهای خطرناک در بسیاری از کشورها بر اساس سیستم ملل متحد طبقه‌بندی و بر چسب‌گذاری می‌شوند، به این ترتیب خصوصیات و خطرات آنها به سرعت تشخیص داده می‌شوند. در این سیستم کالاهای خطرناک بر اساس خصوصیات خطرناک خود در ۹ کلاس طبقه‌بندی می‌شوند. این کلاس‌ها شامل ۸ کلاس مشخص و یک کلاس مواد متفرقه است. خطرات مربوط به هر

¹ Threshold Limit Value

² American Conference of Governmental Industrial Hygienists

کلاس با برچسب‌های لوزی شکل مخصوصی مشخص می‌شود. چنانچه ماده‌ای علاوه بر خطر اصلی دارای خطر دیگری نیز باشد می‌توان از لوزی کوچکتری در کنار لوزی اصلی استفاده کرد. به عنوان مثال اسید هیدروفلوریک ماده‌ای خورنده و در عین حال سمی است. برخی از کالاهای خطرناک کلاس های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ خود دارای تقسیمات بعدی^۱ هستند که نشانگر جنبه مشخصی از خطرات ماده است. به عنوان مثال کلاس دوم ویژه گازها و زیرشاخه ۲۰۱ آن ویژه گازهای قابل اشتعال می‌باشد. افزون بر این در برخی کلاس‌ها تقسیم‌بندی‌های بعدی شامل «گروه‌های بسته‌بندی ۲» نیز وجود دارد که نشان‌دهنده خطر نسبی ماده در داخل یک کلاس است (PGIII: خطر کم، PGII: خطر متوسط، PGI: خطر زیاد).

بنابراین تمام بسته‌ها (البته به جز بسته‌های بسیار کوچک)، کانتینرها و تانکرهای حمل مواد که حاوی کالاهای خطرناک هستند باید دارای برچسب مناسب با ذکر کلاس مربوطه باشند. این برچسب با استفاده از یک سیستم رنگی و علامت‌های خاص و نیز شماره کلاس کالای خطرناک ماهیت خطر آنرا نشان می‌دهد. بنابراین تولیدکنندگان و واردکنندگان اینگونه کالاها باید اطمینان داشته باشند که این مواد به طور صحیح تقسیم‌بندی و برچسب‌گذاری شوند.

کلاس ۱: مواد منفجره^۳

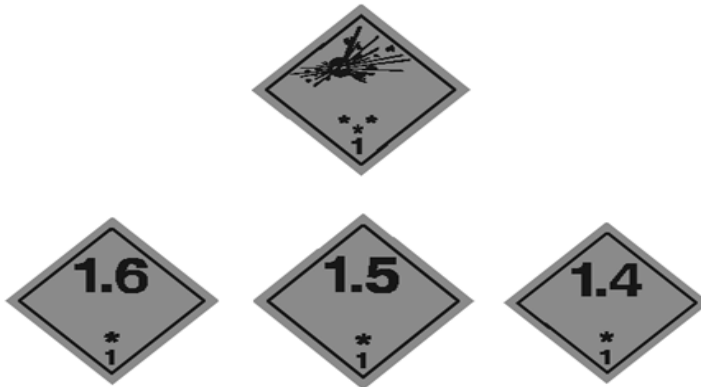
شامل موادی هستند که می‌توانند انفجار یا اثرات پیروتکنیک ایجاد نمایند. به طور کلی تولید مواد منفجره محدود بوده و تابع مقررات مربوطه می‌باشد. استفاده از مواد منفجره برای مصارف تحقیقاتی نیز منوط به کسب مجوزهای لازم از سازمان‌های مسئول می‌باشد. مواد منفجره شامل ۶ ساب کلاس مختلف هستند.

- کلاس ۱-۱ مواد منفجره با خطر انفجار یک‌باره و مهیب. مثل TNT، نیتروگلیسرین و فولمینات جیوه.
- کلاس ۱-۲ مواد منفجره با خطر پرتاب (ولی نه خطر انفجار مهیب). مثل بمب‌ها و نارنجک.
- کلاس ۱-۳ مواد منفجره با خطر آتش‌سوزی حجیم. مثل باروت، مواد آتش‌بازی.
- کلاس ۱-۴ مواد منفجره بدون انفجار مهیب. مثل مواد آتش‌بازی در اسباب بازی‌ها.
- کلاس ۱-۵ مواد منفجره با حساسیت انفجاری کم. مثل مواد منفجره Proprietary نظیر Detapower.
- کلاس ۱-۶ مواد منفجره با حساسیت انفجاری بسیار کم.

¹ Subclass

² Packaging Groups

³ Explosive



کلاس ۲: گازها^۱

کالاهای خطرناک این کلاس شامل گازهای تحت فشار، گازهای مایع و یا گازهای محلول تحت فشار می‌باشد. گازها شامل ۳ ساب کلاس هستند.

- کلاس ۲-۱ گازهای قابل اشتعال.
- کلاس ۲-۲ گازهای غیر قابل اشتعال و غیر سمی.
- کلاس ۲-۳ گازهای سمی (منظور از گازهای سمی گازهایی هستند که استنشاق آنها موجب مرگ و میر و یا صدمات جدی به سلامتی انسان می‌گردد). مثل کلر و آمونیاک.



کلاس ۳: مایعات قابل اشتعال^۲

منظور از مایعات قابل اشتعال مایعات، مخلوطی از مایعات و یا مایعاتی حاوی جامدات به صورت محلول و یا معلق هستند که می‌توانند در تماس با یک منبع جرقه مشتعل شوند؛ مانند بنزین، تینر، رنگ‌ها، لاک‌ها و

¹ Gases

² Flammable Liquids

حلال‌های قابل اشتعال. در تقسیم‌بندی قدیمی‌تر این کلاس به دو ساب کلاس ۱-۳ و ۲-۳ تقسیم‌بندی می‌شد ولی در تقسیم‌بندی جدید برای مایعات قابل اشتعال ساب کلاسی در نظر گرفته نشده است.

- کلاس PGI-3 مایعات با قابلیت اشتعال زیاد و با نقطه جوش اولیه کمتر از ۳۵ درجه سانتی‌گراد. مثل دی اتیل اتر و دی سولفید کربن.
 - کلاس PGII-3 مایعات با قابلیت اشتعال بسیار زیاد و با نقطه جوش اولیه بیشتر از ۳۵ درجه سانتی‌گراد و نقطه فلاش کمتر از ۲۳ درجه سانتی‌گراد. مثل بنزین و استن.
- گروه‌های بسته‌بندی I و II پیش از این تحت عنوان ساب کلاس ۱-۳ تقسیم‌بندی می‌شدند.
- کلاس PGIII-3 مایعات قابل اشتعال با نقطه فلاش ۲۳ تا ۶۱ درجه سانتی‌گراد. مثل کروسن و تورپنتن معدنی.

این گروه در تقسیم‌بندی قبلی تحت عنوان ساب کلاس ۲-۳ نامیده می‌شدند.



کلاس ۴: جامدات قابل اشتعال^۱

کالاهای خطرناک در این کلاس شامل موادی با پتانسیل احتراق خود به خودی و نیز موادی که در تماس با آب ایجاد گازهای قابل اشتعال می‌کنند است. همچنین جامداتی (غیر از مواد منفجره) که فوراً دچار احتراق شده و یا موجب آتش‌سوزی می‌شوند نیز در این کلاس طبقه‌بندی می‌شوند.

این کلاس شامل ۳ ساب کلاس است.

- کلاس ۱-۴ جامدات قابل اشتعال. موادی که به راحتی مشتعل شده و قابل احتراق هستند. مثل نیتروسولوز، فسفرها، کبریت‌ها و اسیدپیکریک.
- کلاس ۲-۴ جامدات با پتانسیل احتراق خودبه‌خودی. مثل ذغال، پنبه و فسفر سفید.

¹ Flammable Solids

- کلاس ۳-۴ جامدات خطرناک در حالت مرطوب. شامل جامداتی است که در تماس با آب ایجاد گازهای قابل اشتعال می‌کنند. مثل فسفید آلومینیوم و کاربید کلسیم.

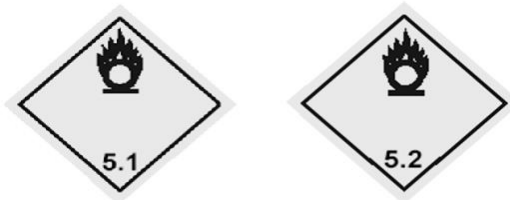


کلاس ۵: مواد اکسیدکننده^۱

مواد اکسید کننده شامل ۲ ساب کلاس هستند.

- کلاس ۵-۱ مواد اکسید کننده (غیر از پراکسیدهای آلی). مثل پراکسید هیدروژن، هیپوکلریت کلسیم (که در استخرها استفاده می‌شود) نیترات آمونیوم و نیترات‌های آلی.
- کلاس ۵-۲ پراکسیدهای آلی (جامد یا مایع) مثل پراکسید متیل اتیل کتن، بنزوئیل پراکسید، دی بنزول و پراستیک اسید.

مواد اکسید کننده به خودی خود لزوماً قابل احتراق نیستند اما ممکن است موجب احتراق سایر مواد شوند. به عنوان مثال پراکسید سدیم در حضور آب ایجاد واکنش قوی اگزوترمیک (گرمزا) می‌کند و همچنین در اختلاط با ذغال موجب احتراق خودبه‌خودی می‌شود. پراکسیدهای آلی دارای ساختاری با اکسیژن دو ظرفیتی هستند و از نظر حرارتی موادی ناپایدار محسوب می‌شوند، بنابراین ممکن است خودبه‌خود تجزیه شوند. گاهی می‌توانند موجب واکنش‌های انفجاری شده، یا به سرعت بسوزند، یا در مقابل ضربه یا اصطکاک حساس شوند و یا با سایر مواد واکنش‌های خطرناکی ایجاد کنند.



¹ Oxidizing Substances

کلاس ۶: مواد سمی و عفونت‌زا^۱

این کلاس شامل دو ساب کلاس مواد سمی و مواد عفونی است. البته گازهای سمی، که قبلاً در کلاس ۲-۳ طبقه‌بندی شده‌اند، در این کلاس قرار نمی‌گیرند.

- کلاس ۶-۱ مواد سمی (شامل مایعات و جامدات سمی). مواد سمی شامل موادی هستند که منجر به مرگ و یا صدمات جدی و آسیب شدید به سلامتی انسان در صورت بلعیده شدن، استنشاق و یا تماس پوستی می‌شوند. مثل سیانید سدیم (NaCN)، سیانیدها و ترکیبات آرسنیک.
- کلاس ۶-۲ مواد عفونی. موادی هستند که عفونت‌زا شناخته می‌شوند و یا اینکه حاوی عوامل بیماری‌زا (میکرو ارگانیسم‌ها شامل باکتری‌ها، ویروس‌ها، ریکتزیا، پارازیت‌ها و قارچ‌ها) هستند. واکسن‌ها و نمونه‌های پاتولوژی مثال‌هایی از این دست می‌باشند.

دستورالعمل نگهداری، نحوه کار و نحوه دفع مواد عفونی باید تابع مقررات بهداشتی باشد و نحوه حمل و نقل این گروه از مواد نیز باید تابع مقررات حفاظت محیط زیست باشد.



کلاس ۷: مواد رادیواکتیو^۲

این کلاس شامل مواد یا ترکیب موادی هستند که که دائماً از خود امواج رادیواکتیو ساطع می‌کنند. به عبارت دقیق‌تر ماده رادیواکتیو ماده‌ای است که فعالیت مخصوص آن بزرگتر از 70 KBq/kg باشد. منظور از فعالیت مخصوص میزان فعالیت در واحد جرم ماده رادیواکتیو است. برای این کلاس ساب کلاس خاصی در نظر گرفته نشده است ولی گروه‌های بسته‌بندی مختلف در نظر گرفته می‌شوند. مثل رادیو ایزوتوپ‌ها و اورانیوم.

¹ Toxic and Infectious Substances

² Radioactive Substances



کلاس ۸: مواد خورنده^۱

مواد خورنده موادی جامد یا مایع هستند که می‌توانند از طریق اثر شیمیایی موجب آسیب بافت‌های زنده و وسایل و تجهیزات در هنگام تماس با آنها گردند. به عبارت دیگر مواد خورنده موادی هستند که با اثر شیمیایی موجب آسیب شدید در هنگام تماس با بافت‌های زنده، وسایل و تجهیزات شده و سایر مواد را تخریب می‌کنند. مثل هیدروفلوریک اسید، هیدروکسید سدیم و کلر استخرها.



کلاس ۹: مواد متفرقه^۲

این کلاس خطر مواد متفرقه‌ای که عمدتاً شدید نبوده و در کلاس‌های دیگر تقسیم‌بندی نشده‌اند را نشان می‌دهد. مانند مواد مغناطیسی شدید، آئروسول‌ها، کودهای نیترات آمونیوم و گرانول‌های پلی استر.



¹ Corrosives

² Miscellaneous

برچسب کلی کالاهای خطرناک: این برچسب نشان‌دهنده کلاس‌های مختلف کالاهای خطرناک بوده و به هنگام حمل و نقل این کالاها استفاده می‌شود.



۳.۴.۶ حمل و نقل کالاهای خطرناک

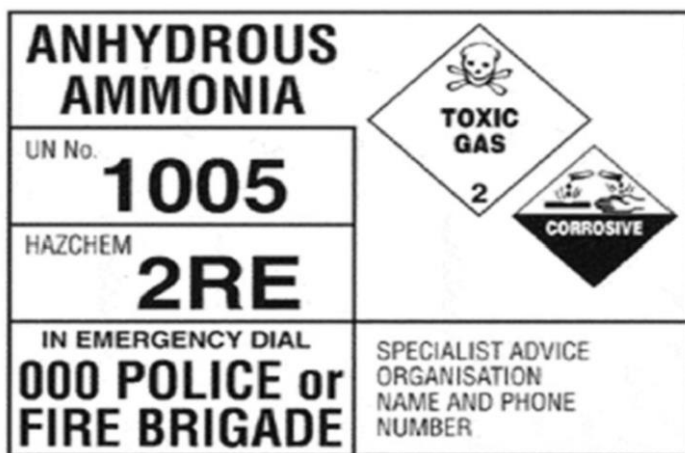
حمل و نقل کالاهای خطرناک باید تابع قوانین و مقررات خاصی باشد تا حتی‌الامکان از بروز حوادث و آسیب‌های جانی، مالی و محیطی پیشگیری به عمل آید. از طرفی مقررات متفاوت وضع شده در کشورهای مختلف برای حمل و نقل مواد شیمیایی از راه‌های مختلف (جاده‌ای، راه آهن، هوایی و دریایی) تجارت جهانی مواد و کالاهای خطرناک را با مشکلات عدیده‌ای روبه‌رو خواهد نمود. همچنین کالاهای خطرناک علاوه بر مقررات حمل و نقل شامل مقررات دیگری مانند مقررات ایمنی کار، مقررات حفاظت از مصرف‌کننده، مقررات انبارداری مواد و مقررات حفاظت از محیط نیز می‌باشند که ممکن است باعث پیچیدگی بیشتر شود. لذا به منظور رعایت موارد ایمنی مربوط به شاغلین، حمل و نقل مواد شیمیایی مخاطره‌آمیز باید طبق معیارهای تدوین شده توسط مراجع ذی‌صلاح انجام شود. معیارهای تدوین شده توسط مراجع ذی‌صلاح نباید مغایر قوانین حمل و نقل ملی و بین‌المللی باشد و باید موارد زیر را در برگیرد.

- خواص و کمیت مواد شیمیایی که باید حمل و نقل شوند.
- نوع بسته‌بندی، بی نقص بودن و حفاظت کامل بسته‌بندی و ظروفی که در حمل و نقل مورد استفاده واقع می‌شوند که راه‌های انتقال مواد را نیز شامل می‌شود.
- ویژگی‌های وسیله نقلیه‌ای که برای حمل و نقل مواد به کار گرفته شده است.
- مسیریایی که باید در حمل و نقل طی شود.
- اقدامات لازم در زمینه آموزش و مهارت کارگران درگیر در امر حمل و نقل.
- الزامات مربوط به برچسب‌گذاری.
- الزامات مربوط به بارگیری و تخلیه.
- امکانات لازم برای موارد اضطراری مانند آتش‌سوزی و نشت مواد.

حمل و نقل مقادیر کم کالاهای خطرناک در محیط کار باید با رعایت مقررات کلی و با توجه به رعایت نکات مربوط به حمل و نقل موجود در برگه‌های MSDS مواد صورت گیرد.

پلاکارد اطلاعات اضطراری مخصوص حمل مواد شیمیایی: یک پانل اطلاعات اضطراری است که حاوی اطلاعات مورد نیاز جهت حمل و نقل مواد شیمیایی می‌باشد. یک پلاکارد مناسب باید دارای اطلاعات زیر باشد.

- نام صحیح ماده شیمیایی
- عدد UN
- کد Hazchem
- شماره تلفن اضطراری
- برچسب مربوط به کلاس کالای خطرناک در صورت لزوم



شکل ۲.۳ نمونه یک پلاکارد اطلاعات اضطراری مخصوص حمل مواد شیمیایی.

۳.۵ انبارداری شیمیایی

انبار مواد شیمیایی به محلی گفته می‌شود که انواع ترکیبات شیمیایی و سموم به اشکال مختلف گاز، مایع و جامد در آن به‌طور موقت نگهداری می‌شوند. انبارهای مواد شیمیایی به دو دسته انبار کوچک و انبار بزرگ تقسیم می‌شوند. مساحت انبار کوچک حداکثر ۱۰۰ متر مربع بوده و عرض راهروی داخل آن نباید کمتر از ۱/۵ متر باشد. ولی انبارهای بزرگ دارای مساحت بیش از ۱۰۰ متر مربع هستند و چنانچه مجهز به وسایل مکانیکی یا موتوری حمل و نقل باشند راهروها متناسب با عبور وسایل مذکور تنظیم می‌شوند. ظرفیت انبار باید با میزان سموم و مواد شیمیایی مورد نگهداری مطابقت داشته باشد و حداقل ۱۵٪ آن برای جابه‌جایی آسان محموله و احتیاجات احتمالی آینده در نظر گرفته شود.

- محل انبار باید طوری انتخاب شود که حداقل سه جهت اطراف ساختمان به لحاظ دسترسی خودروهایی امدادی و وسایل اطفاء حریق و ارسال تجهیزات در شرایط اضطراری آزاد باشد. همچنین بهتر است محل انبارهای بزرگ دور از مناطق مسکونی، مدارس، فروشگاه‌ها، بیمارستان‌ها، بازار میوه‌جات، منابع آب آشامیدنی و ذخایر آب احداث گردد. ضمناً احداث این انبارها در مناطقی که سطح آب‌های زیر زمینی بالا است ممنوع می‌باشد.
- دفتر انباردار باید جدا از منطقه نگهداری سموم و مواد شیمیایی باشد و علاوه بر درب اصلی انبار بایستی درهای اضطراری نیز در نظر گرفته شوند.
- علائم هشداردهنده مهم (علائم خطر سموم، آتش‌زایی و عدم اجازه ورود افراد غیر مسئول) بایستی در خارج از انبار به زبان فارسی نصب گردند و معنای آن‌ها به کارکنان آموزش داده شود.
- باید سیستم هواکش مناسب مجهز به فیلتر جهت ممانعت از تجمع بخارات شیمیایی مواد و خطر آتش‌زایی تعبیه شود. سیستم خنک‌کننده و گرم‌کننده بایستی به گونه‌ای تعبیه شود که موجب گرم شدن و یا سرد شدن مستقیم مواد انبار نشوند. استفاده از وسایل گرم‌کننده هوا که با نفت و گاز می‌سوزند ممنوع است.
- دیوارها و سقف و سرپناه تمام انبارها بدون استثناء باید از مصالح غیر قابل اشتعال ساخته شود و به طریقی عایق‌کاری شوند که در برابر آتش‌سوزی برای مدت حداقل دو تا سه ساعت مقاومت نمایند، به‌کاربردن چوب، تخته، پلاستیک در ساختمان انبارها ممنوع است.
- انبارها باید به تناسب موادی که از آنها نگهداری می‌شود مجهز به وسایل ضروری اطفاء حریق مطابق استانداردهای سازمان آتش‌نشانی باشند.
- روشنایی طبیعی انبارها باید طوری باشد که مواد شیمیایی و سموم موجود در آنها در معرض تابش مستقیم نور خورشید قرار نگیرند.

- دمای انبارها بر حسب نوع مواد نگهداری شده طبق استاندارد GMP¹ باید در یک یا دو دامنه (دمای سردخانه‌ای، ۲ تا ۵ درجه سانتی‌گراد و انبار خنک، ۸ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد) قرار گیرد. میزان رطوبت انبارها نیز باید زیر ۴۰ درصد تنظیم شود. به این منظور در چند نقطه از انبار باید دماسنج و رطوبت‌سنج نصب شده و به‌طور روزانه کنترل شود.
- موجودی انبار بایستی به‌طور مرتب بازرسی شود تا وضعیت آنها از نظر فساد، سفت و متراکم شدن، رسوبی شدن، ژله‌ای شدن، تغییر رنگ و نیز وضعیت ظروف بررسی گردند.
- هنگام کار در انبار از خوردن، آشامیدن و استعمال دخانیات خودداری شود.
- نحوه آرایش و طبقه‌بندی مواد شیمیایی و سموم در انبارها می‌بایست به نحوی باشد که امکان رؤیت و دسترسی به آنها به آسانی امکان‌پذیر باشد.
- مواد شیمیایی و سمومی که سمیت آنها بسیار زیاد است باید در قسمتی جداگانه از انبار قرار گیرند.
- هر انبار باید به سیستم ثبت ورود و خروج مواد (گزارش‌دهی) با فرم‌های استاندارد مجهز باشد.
- مواد شیمیایی با قابلیت اشتعال بالا و میل ترکیبی زیاد باید حداقل با ۱۵ متر فاصله از سایر مواد قرار گیرند.

¹ Good Manufacturing Practices

«گذری بر تاریخ»

استفان هاوکینگ^۱؛ اینشتین دوم، کاوشگر سیاه‌پاله‌ها

او از هر گونه تفرک عاجز است. حتی توانایی سفن گفتن نیز ندارد. زیرا عضلات صوتی او مانند ۹۹ درصد بقیه عضلات حرکتی بدنش در یک حالت فلج کامل قرار دارند. تنها قلب، ریه‌ها و دستگاه‌های حیاتی بدنش کار می‌کنند و به ویژه مغز او فعال است.

استفان هاوکینگ پرآوازه‌ترین دانشمند دههٔ آخر قرن بیستم است که اکنون در دانشگاه معروف کمبریج همان کرسی استاری را در اختیار دارد که یش از دو قرن پیش به اسحاق نیوتن کاشف قانون جاذبه تعلق داشت. وی را اینشتین دوم لقب داده‌اند زیرا می‌کوشد تئوری معروف نسبیت را تکامل بدهد و از تلفیق آن با تئوری‌های کوانتومی فرمول واحد جدیدی ارائه دهد که توجیه‌کنندهٔ تمامی تحولات جهان هستی از ذرات ریز اتمی تا کهکشان‌های عظیم باشد. اینشتین معتقد بود چنین فرمول یا قانون واحدی می‌بایست وجود داشته باشد و سال‌های



آخر عمرش را در جستجوی آن سپری کرد و توفیقی نیافت. اما شهرت و اعتبار علمی استفان هاوکینگ مربوط به مسابقات ریاضی پیچیده و بسیار دقیقی است که در مورد چگونگی پیدایش و تحول سیاه‌پاله‌های آسمانی انجام داده است. وجود این اجرام فوق‌العاده متراکم که به علت قدرت جاذبهٔ بسیار قوی حتی نور امکان جدایی از سطح آنها را ندارد با تئوری نسبیت اینشتین پیش‌بینی شده بود و ریاضی و رؤیت آنها به وسیلهٔ قوی‌ترین تلسکوپ‌ها یا هر وسیلهٔ دیگر تاکنون ممکن نبوده است. اما استفان هاوکینگ توانست با قدرت اندیشه و مسابقات ریاضی نه فقط وجود سیاه‌پاله‌ها را به اثبات رساند و چگونگی شکل‌گیری و تحول آنها را نشان دهد بلکه به نتایج جالبی در مورد رابطهٔ این اجرام با وقوع انفجار بزرگ^۲ در آغاز پیدایش کیهان دست یافته است. کتاب جدید هاوکینگ در این زمینه که به عنوان «سیاه‌پاله‌ها و جهان‌های نوزاد» انتشار یافت در مافیل علمی جهان مانند یک بمب صدا کرد و شگفتی فراوان برانگیخت. اما شرح زندگی این دانشمند از نظریه‌هایش نیز شگفت آورتر است.

استفان هاوکینگ در ۸ ژانویهٔ ۱۹۴۲ در شهر دانشگاهی آکسفورد زاده شد. از همان کودکی به علوم ریاضیات علاقه داشت و آرزوی دانشمند شدن را در سر می‌پروراند اما در مدرسه یک شاگرد فزودسر و به خصوص بدفط شناخته می‌شد و هرگز خود را

¹ Stephen Hawking

² Big Bang

در مبرودۀ کتاب‌های درسی مقید نمی‌کرد بلکه چون با مطالعات آزاد سطح معلوماتش از کلاس بالاتر بود همیشه سعی داشت در کتاب‌های درسی اشتباهاتی را کبیر بیاورد و با معلمان به جر و بحث و چون و چرا پیر دازدا! پدر و مادرش از طبقۀ متوسط بودند با یک زندگی ساده در فانه‌ای شلوغ و فرسوده اما مملو از کتاب که عادت به مطالعه را در فرزندانشان تقویت می‌کرد. او دوره سه سالۀ دانشگاه را با موفقیت به پایان برد و آماده می‌شد تا دورهٔ دکترا را در رشتهٔ کیهان‌شناسی آغاز کند. اما به دنبال امساس ناراحتی‌هایی در عضلات دست و پا استغان در ژانویهٔ ۱۹۶۳ یعنی آغاز بیست و یک سالگی مپیور به مراجعه به بیمارستان شد و آزمایش‌هایی که روی او انجام گرفت علائم بیماری بسیار نادر و درمان ناپذیری را نشان داد. این بیماری که به نام ALS شناخته می‌شود بخشی از نفع و مغز و سیستم عصبی را مورد حمله قرار می‌دهد و به تریج اعصاب حرکتی بدن را از بین می‌برد و با تضعیف ماهیچه‌ها فلج عمومی ایبار می‌کند؛ به طوری که به مرور توانایی هرگونه حرکتی از شقص سلب می‌شود. معمولاً مبتلایان به این بیماری بی درمان مدت زیادی زنده نمی‌مانند و این مدت برای استغان بین دو تا سه سال پیش‌بینی شده بود. نومیری و اندوه عمیقی را که پس از آگاهی از چیران بر استغان مستولی شد می‌توان تصور نمود. به اتافی که در دانشگاه داشت پناه برد و در تنوایی ساعت‌ها متفکر و بی حرکت ماند. اما طبع لیوج و نقادش که هیچ چیز را به آسانی نمی‌پذیرفت هشدار داد از کیا معلوم که پیش‌بینی پزشکان درست از کار در بیاید و چه بسا که از نوع اشتباهات کتب درسی باشد! اما آنچه به او قوت قلب و اعتماد به نفس بیشتری برای مبارزه با نومیری و بدبینی داد آشنایی اش در همان ایام با دقتری به نام مین وایلد بود که بعدها همسرش شد و نقش فرشتهٔ نگهبانش را به عهده گرفت. مین اعتقادات مذهبی عمیقی داشت و معتقد بود در هر فایحه‌ای پدر امید وجود دارد که با استقامت و قدرت رومی می‌تواند رشد کند و بارور شود. باید به فراوند توکل داشت و از ناگامی‌هایی که پیش می‌آید فیزگاهی برای کامیابی سافت. او طی دو سال با اشتیاق و پشتکار دکترای فود را گرفت و در سال ۱۹۶۵ با مین ازدواج کرد. پروفوسور استغان هاوکینگ اکنون ۶۱ سال دارد و ظاهراً بیش از یک ربع قرن قافاچی زندگی کرده است. او از اواخر دههٔ ۶۰ برای نقل مکان از صندلی پرفردار استفاده می‌کند و قدرت تمرک از همهٔ اجزاء بدنش به جز دو انگشت دست پیش سلب شده است. او با این دو انگشت می‌تواند دکمه‌های کامپیوتر بسیار پیشرفته‌ای را فشار دهد که اقتصاداً برای او ساخته‌اند و به بایش حرف می‌زند. کامپیوتر سنکو را یک استاد آمریکایی کامپیوتر در کالیفرنیا برای او سافت و تقدیمش کرد. برنامه‌ریزی این دستگاه شامل سه هزار کلمه است و هر بار که استغان بخواهد سفتی بگوید می‌بایست با انتقاب کلمات و فشردن دکمه‌های کامپیوتر به کمک دو انگشتش که هنوز کار می‌کنند جملهٔ مورد نظرش را بسازد و صدای مصنوعی به جای او حرف می‌زند. ویلپر یا صندلی پرفردار استغان نیز از پیشرفته‌ترین پریده‌های تکنولوژی است و با نیروی الکتریکی حرکت می‌کند. در حالی که اجزاء چهره‌اش بی‌حرکت و فاقد هرگونه واکنش امساسی و عاطفی هستند اما پشمانش در رفسند و کوپی به هزار زبان با مضاطب سفتن می‌کویند. او به هیچ وجه خوردش را منزوی نگرده است. به کنسرت و پارک می‌رود. در رستوران غذا می‌فورد. در انیمن‌های دانشویان شرکت می‌کند. شیوهٔ شیطنت آمیز او این است که پاسخ‌کوپی را آگاهی عمداً گش می‌دهد و در حالی که پرسش‌کنندگان پس از چند دقیقه انتظار پاسخ مفصلی را برای سؤال فود پیش‌بینی می‌کنند با یک کلمهٔ بله یا نه از کامپیوتر سنکوکیش همه را به فنده می‌اندازد. او عاشق جنب و جوش و گشت و سیامت است و تاکنون دوبار به سفر دور دنیا رفته و حتی از چین و دیوار باستانی آن دیرن کرده است.