



# جزوه ایمنی در آزمایشگاه شیمی

دکتر ژانت سلیمان نژاد

۱-مقدمه.....	۱
۲-دلایل اهمیت ایمنی.....	۱
۳-راههای تماس مواد سمی و ورود آنها به بدن.....	۲
۳-۱-تماس پوستی.....	۲
۳-۲-استنشاق.....	۲
۳-۳-تزریق.....	۴
۴-تجهیزات حفاظت فردی (PPE).....	۴
۴-۱-حفاظت از چشم و صورت.....	۴
۴-۱-۱-عینک‌های ایمنی.....	۴
۴-۱-۲-شیلدهای محافظ صورت.....	۵
۴-۲-روپوش آزمایشگاهی (پوشش تنه).....	۵
۴-۳-محافظت از دستها.....	۶
۴-۴-محافظت از پا.....	۷
۵-راه های برخورد با مواد شیمیایی.....	۷
۶-رفتار در آزمایشگاه.....	۷
۶-۱-دفع مواد زائد خطرناک.....	۸
۷-تعیین خصوصیات مواد خطرناک.....	۸
۷-۱-برچسب ها (LABELS).....	۸
۷-۲-برگه های اطلاعات ایمنی ماده شیمیایی (MSDS).....	۱۰
۸-تجهیزات ایمنی در آزمایشگاه.....	۱۴
۸-۱-دوش ایمنی و چشم شور.....	۱۴
۸-۱-۱-دوشهای ایمنی.....	۱۴
۸-۱-۲-چشم شوی ایمنی.....	۱۵
۸-۳-هود آزمایشگاهی.....	۱۶
۹-آتش و اطفای حریق.....	۱۶
۹-۱-تعریف حریق.....	۱۶
۹-۲-گسترش یا توسعه آتش سوزی.....	۱۷
۹-۲-۱-هدایت (رسانش).....	۱۷

۱۷.....	۹-۲-۲- جابجایی یا همرفت
۱۸.....	۹-۲-۳- تشعشع یا تابش
۱۸.....	۹-۳- روشهای عمومی اطفاء حریق:
۱۸.....	۹-۳-۱- سرد کردن
۱۸.....	۹-۳-۲- خفه کردن
۱۹.....	۹-۳-۳- حذف مواد سوختنی
۱۹.....	۹-۴- مواد خاموش کننده آتش
۱۹.....	۹-۴-۱- آب
۲۰.....	۹-۴-۲- کف آتش نشانی
۲۰.....	۹-۴-۳- پودرهای خاموش کننده
۲۰.....	۹-۴-۴- گاز $CO_2$
۲۰.....	۹-۵- دسته بندی مواد حریق بر حسب ماده سوختنی
۲۱.....	۹-۶- کپسولهای اطفای حریق
۲۲.....	۹-۶-۱- کپسولهای اطفای حریق پودری
۲۱.....	۹-۶-۲- کپسولهای اطفای حریق $CO_2$
۲۱.....	۹-۶-۳- کپسولهای اطفای حریق آب و گاز
۲۲.....	۹-۶-۴- کپسولهای اطفای حریق کف (فوم)
<b>Error! Bookmark not defined.</b> .....	۹-۶-۵- کپسولهای اطفای حریق هالوژنه
۲۲.....	۹-۷- مکانیزم عمل کپسول آتش نشانی

## ۱- مقدمه

برای امنیت در آزمایشگاه نکات بسیاری باید رعایت شود هر چند رعایت این نکات به تنهایی سلامت آزمایش کننده را تضمین نمی کند، اما احتمال بروز خطرات را به حداقل کاهش می دهد. خطرات دیگری که در آزمایشگاه وجود دارند، وضعیت های غیر قابل پیش بینی است که همواره در آزمایشگاه و در طول آزمایش به وجود می آیند که با هوشیاری و دقت در آزمایشگاه، می توان این خطرات را نیز تا حد مطلوبی کاهش داد. در یک آزمایشگاه ایمن و استاندارد و در صورت رعایت موارد ایمنی حوادث یا جراحات به ندرت اتفاق می افتند. در هنگام ورود به آزمایشگاه، باید از خطرات مرتبط با مواد شیمیایی و خطرهای ممکن در آزمایشگاه اطلاعات کافی داشته باشید و در برابر مواد شیمیایی که اثر خاموشی دارند باید اصول ایمنی را مراعات کرد. اهمیت این که فرد بداند چه خطرهایی در آزمایشگاه وجود دارد، چگونه از آن ها دوری جوید و در صورت خارج شدن آزمایش از کنترل چگونه عمل کنند، بر هیچ کس پوشیده نیست.

## ۲- دلایل اهمیت ایمنی

رعایت اصول ایمنی در محیط کار و آزمایشگاه از جنبه های متعددی حائز اهمیت است که از جمله می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- حق هر فردی است که در محیط ایمن کار کند.

۲- هیچ کس حق ندارد سلامت دیگران را به خطر بیندازد.

۳- لزوم پایبندی به قوانین موجود در حوزه ایمنی

۴- مسائل مالی

حوادث ناشی از عدم توجه به مسائل ایمنی به ویژه در صنایع و کارخانه ها خسارت های بسیار زیادی به همراه دارد و همچنین هزینه های جبران این خسارت ها برای بازگشت به نقطه اولیه بسیار سنگین است.

مقدار و تنوع مواد شیمیایی بسیار زیاد است و هر روز بنا به نیاز یا برحسب پژوهش های جدید این تعداد افزایش می یابد. در نتیجه طرز کار با این مواد و آشنا شدن با خطرهایی که از لحاظ ایمنی ممکن است به وجود آورند، امری ضروری است. کسانی که با مواد شیمیایی سروکار دارند باید بدانند که چه خطرهایی از سوی مواد متوجه آنهاست و چگونه از نظر ایمنی، خود را در مقابل آنها مصون نگه دارند. همواره از سوی کارخانه های بزرگ تولیدکننده ایمنی مواد و شرکت های بیمه توصیه ها و استانداردهایی ارائه شده است که باید کاملاً از سوی افراد رعایت شود. آگاهی از خطرهای ناشی از مواد شیمیایی و آگاه سازی دیگران از آن بسیار مهم است. جهت تحقق این هدف سالهاست از سوی کشورهای صنعتی دنیا، به ویژه آن هایی که از لحاظ تولید مواد شیمیایی بسیار پیشرفته اند برای کارخانه های تولیدکننده مواد شیمیایی نشانه های استاندارد مشخص کرده اند که روی ظرف های محتوی مواد شیمیایی نصب می شوند. این نشانه ها نشان می دهد که این مواد چه خواصی دارند و چگونه باید با آن کار کرد. آموزش و نیز مطالعه خطرات ناشی از مواد شیمیایی برای تمام کسانی که به نوعی با مواد شیمیایی سروکار دارند امری بسیار ضروری است. به همین دلیل است که

تجهیزات حفاظت فردی شامل دستکش محافظ، لباس و کفش مناسب، صورت پوش و یا عینک ایمنی است. آنچه در کار با مواد شیمیایی در مقیاس‌ها و مکان‌های مختلف لازم و ضروری است به کارگیری مناسب و به موقع از این تجهیزات می‌باشد.

### ۳- راه‌های تماس مواد سمی و ورود آنها به بدن

راه‌های ورود مواد شیمیایی به بدن شامل تماس پوستی، از راه سیستم تنفسی و گوارشی، و تزریق است. از میان راه‌های مختلفی که بدن در معرض مواد سمی قرار می‌گیرد، تماس پوستی از لحاظ کثرت صدمات حرفه‌ای مقام اول را دارد. جذب از طریق تنفس و گوارش در مقام دوم است. روشن است که بعضی از مواد از راه‌های متعددی به بدن وارد می‌شوند.

#### ۳-۱- تماس پوستی

تماس پوستی به طور عمده از طریق پوست دست صورت می‌گیرد. هنگام تماس ماده سمی با پوست، سه حالت امکان پذیر است:

۱- ممکن است ماده سمی با سطوح پوستی واکنش داده موجب سوزش و خارش مقدماتی شود.

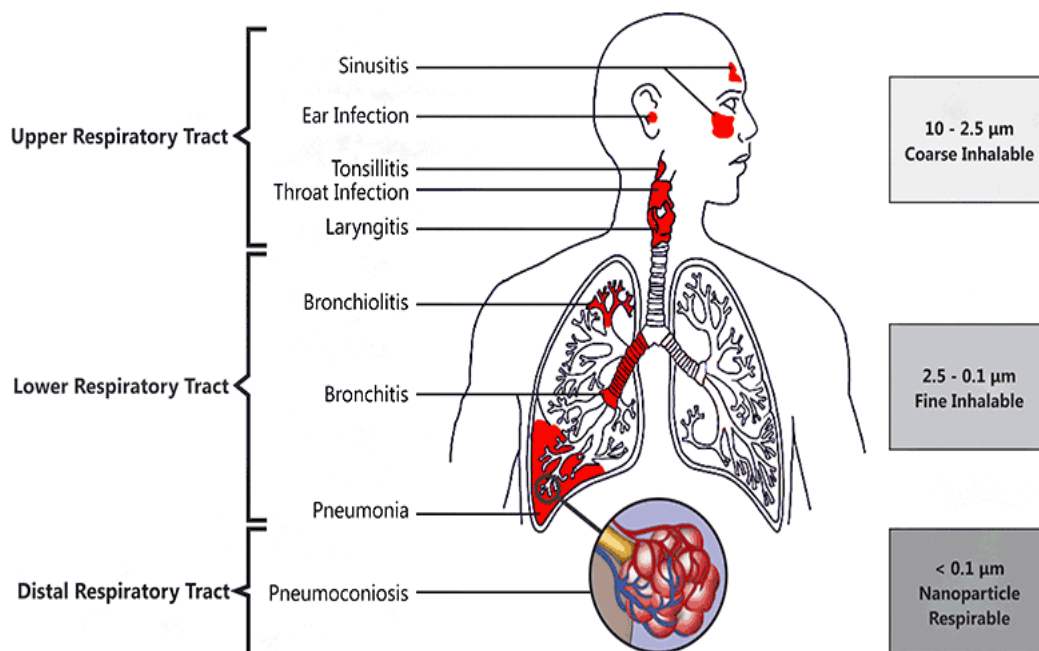
۲- ممکن است ماده سمی در پوست نفوذ کند و با پروتئین بافت‌ها جفت و جور شده موجب حساسیت پوست شود.

۳- ممکن است ماده از مسیر غده‌های چربی از پوست نفوذ کند، وارد جریان خون شود و به صورت سمی برای بدن عمل کند.

به هر حال پوست معمولاً برای حفاظت بافت‌های زیرین بدن مانع موثری است و مواد نسبتاً معدودی به مقادیری که خطرناک باشند از طریق پوست جذب می‌شوند. با وجود این، اگر پوست حتی به طور کوتاه مدت در معرض غلظت‌های زیاد مواد فوق‌العاده سمی قرار گیرد، مسمومیت‌های جدی و حتی کشنده‌ای ممکن است روی دهد. افزون بر این، وقتی ماده‌ای فوق‌العاده سمی از طریق قطعات پرتاب شده یا پارگی‌های پوستی یا زخم‌های باز به درون نفوذ کند، تماس از طریق پوست اهمیت جدی می‌یابد که در قسمت ۳-۳ بیشتر شرح داده خواهد شد.

#### ۳-۲- از راه سیستم تنفس و گوارش

دستگاه تنفسی یکی از مهمترین راه‌هایی است که از طریق آن مواد مضر وارد بدن می‌شوند. بیشتر مسمومیت‌های شغلی که بر ساختمان داخلی بدن تاثیر می‌گذارند، از تنفس مواد پراکنده در هوا ناشی می‌شوند. این مواد با جا گرفتن در شش‌ها یا سایر قسمت‌های دستگاه تنفسی، ممکن است بر این دستگاه تاثیر گذارند یا اینکه به وسیله خون، لنف یا گلبول‌های سفید از شش‌ها به سایر دستگاه‌های بدن منتقل شوند. نوع و شدت عمل مواد سمی بستگی به ماهیت ماده، مقادیر جذب شده، سرعت جذب، حساسیت فردی و بسیاری عوامل دیگر دارد. سطح نسبتاً عظیم شش‌ها (۹۰ مترمربع سطح کل و ۷۰ مترمربع سطح حفره‌ها) همراه با شبکه مویرگی (۱۴۰ مترمربع) و جریان خون مداوم آن، مواد سمی را به نحو شگفت انگیزی می‌شوید و بسیاری از آنها را با سرعت بالایی از شش‌ها جذب می‌کند. افزون بر این عمل، مواد متعددی وجود دارند که به لحاظ حرفه‌ای خاص، بسیار پر مصرف هستند و با جزء تشکیل دهنده‌ای از بافت شش ترکیب شده، در خون حل نمی‌شوند و به وسیله‌ی گلبول سفید برده نمی‌شوند. برای نمونه بریلیم، توریم، تولوئن، ۲، ۴-دی ایزوسیانات از این دست هستند. در این موارد که مقاومت در برابر انحلال و شست و شو وجود دارد، ممکن است سوزش، التهاب، فیبروز، تغییرات خطرناک و حساسیت‌های آلرژیک ایجاد شود.



اندازه و وسعت ذرات در بیماری‌های ریوی شغلی که به علت استنشاق دائمی ذرات فلزی یا معدنی محرک به وجود می‌آید، نقش مهمی دارند. **قطر غالب ذرات مضر را کمتر از یک میکرون می‌دانند**، ذرات درشت تر یا در هوا آن قدر معلق نمی‌مانند که استنشاق شوند یا اینکه اگر شدند نمی‌توانند از مسیر پر پیچ و خم قسمت بالایی دستگاه تنفسی عبور کنند. افزون بر این، به علل دیگری نیز ذرات ریزتر از ذرات درشت تر زیان‌آورترند. در اثر استنشاق ذرات ریز درصد بیشتری (احتمالا تا ده برابر) از غلظتی که در معرض تنفس قرار گرفته است در شش‌ها می‌نشینند. افزون بر آن، معلوم شده است که ذرات ریز از شش‌ها مشکل‌تر کنده می‌شوند. این مقدار اضافی و زمان توقف بیشتر ذره، تاثیر زیان‌آور آن را افزایش می‌دهد.

هنگام استنشاق، چگالی ذره نیز بر میزان فرو نشستن و توقف ماده ذره‌ای در شش‌ها مؤثر است. ذراتی که چگالی بالایی دارند هنگامی که در دستگاه تنفسی به طرف پایین می‌روند به این علت که جرم و در نتیجه اینرسی بیشترشان موجب می‌شود که به دیواره‌های دستگاه تنفسی بچسبند، مانند ذرات درشت‌تری که چگالی کمتری دارند، عمل می‌کنند. بدین ترتیب یک ذره اورانیم اکسید با چگالی ۱۱ و قطر ۱ میکرون در دستگاه تنفسی مانند ذره‌ای با قطر چند میکرون عمل می‌کند و از این رو فرونشستن آن در ریه بیشتر از ذره‌ای با همان اندازه ولی چگالی کمتر است.

عوامل دیگری که در سمیت ذرات استنشاق شده مؤثرند، عبارتند از سرعت، عمق نفس و میزان فعالیت جسمانی که در حین تنفس انجام می‌دهیم. نفس عمیق و کند موجب می‌شود که مقدار بیشتری از ذرات در شش‌ها فرو نشینند. فعالیت جسمانی شدید نه فقط به علت تعداد بیشتر و عمیق‌تر نفس‌ها در همان جهت عمل می‌کند، بلکه گردش خون را نیز سریع‌تر کرده موجب می‌شود که انتقال بعضی از مواد مضر به مقدار سمی برساند. دمای محیط نیز تاثیر سمی مواد استنشاق شده را تغییر می‌دهد.

مسمومیتی که از فرو دادن مواد ناشی می‌شود بسیار کمتر از مسمومیت حاصل از استنشاق اتفاق می‌افتد، در واقع انتظار می‌رود که با رعایت نکات زیر هرگز ماده شیمیایی از طریق دهان وارد بدن نشود.

۱- هرگز به جای پوآر از دهان برای بالا کشیدن مایعات و محلول‌ها استفاده ننمایید.

۲- کشیدن سیگار در آزمایشگاه ممنوع است زیرا علاوه بر خطر انفجار باعث ورود آلودگی‌های شیمیایی به سیستم گوارشی می‌شود.

۳- ورود مواد خوراکی به آزمایشگاه به دلیل انتقال آلودگی‌های شیمیایی به این مواد ممنوع است.

۴- هرگز دستکش و روپوش آلوده را کنار وسایل شخصی و مواد خوراکی قرار ندهید.

### ۳-۳- تزریق

تزریق مواد شیمیایی به بدن به ندرت اتفاق می‌افتد. از جمله مواردی که احتمال تزریق مواد شیمیایی به بدن وجود دارد شامل زمانی است که با سرنگ در آزمایشگاه کار می‌شود پس هنگام کار با سرنگ باید دقت و توجه کافی را به عمل آورد. هرگز برای کار از ظروف شکسته یا لبه‌ی برنده استفاده نشود همچنین توجه داشته باشید که نباید ظروف شکسته را با دست جمع‌آوری نمود. این‌ها مواردی هستند که سبب تزریق مواد شیمیایی و آلوده به بدن می‌شوند.

علاوه بر موارد بالا چشم‌ها نیز به دلیل داشتن مخاط می‌توانند راه ورود مواد شیمیایی به بدن باشند. مهم آن است بدانیم که آلودگی‌های شیمیایی از هر راهی که وارد بدن شوند، به محض آن که وارد سیستم گردش خون شوند می‌توانند به تمام بدن منتقل شوند و بر عضو حساس به آن نوع آلودگی شیمیایی اثر بگذارند.

### ۴- تجهیزات حفاظت فردی (Personal Protective Equipment)

تجهیزات حفاظت فردی شامل گستره وسیعی از لوازم، وسایل و تجهیزات می‌باشد که به منظور حفاظت قسمت‌های مختلف بدن افراد از موهای سر گرفته تا کف پاها در برابر انواع خطرات احتمالی در محیط‌های کار طراحی، ساخته و ارائه می‌شوند. برای اینکه وسایل حفاظت فردی بتوانند بالاترین سطح ممکن حفاظت را تأمین کنند لازم است که به طور مناسب انتخاب شده، به بهترین نحو ممکن نگهداری و به صورت صحیح و مداوم مورد استفاده قرار گیرند. اگر از یک طرف استفاده از وسایل حفاظت فردی برای افراد ناراحت کننده باشد و از طرف دیگر علل واقعی کاربرد وسایل یاد شده به آنها تفهیم نگردد، امکان استفاده ناقص و یا غلط از PPE و در نتیجه عدم تأمین حفاظت کافی و لازم وجود خواهد داشت. به همین دلیل آموزش درباره‌ی نحوه‌ی بکارگیری وسایل، یک بخش تفکیک ناپذیر و در عین حال حیاتی از یک برنامه موفقیت‌آمیز PPE خواهد بود.

### ۴-۱- حفاظت از چشم و صورت

اهمیت و حساسیت چشم و حس بینایی بر کسی پوشیده نیست، بر طبق آمار در ایالات متحده آمریکا روزانه ۱۰۰۰ آسیب چشمی مرتبط با شغل رخ می‌دهد که نیمی از این صدمات از طریق شخص دیگری صورت می‌گیرد. بررسی‌ها نشان داده که در صورت استفاده از عینک محافظ ۹۳٪ صدمات به وقوع نمی‌پیوست! با توجه به این که احتمال انفجار و یا پاشیده شدن مواد شیمیایی همواره در آزمایشگاه وجود دارد، هنگام حضور در آزمایشگاه باید همواره عینک محافظ به چشم داشت.

برای پیشگیری از آسیب به چشم از وسایل حفاظتی زیر می‌توان استفاده کرد:

### ۴-۱-۱- عینک‌های ایمنی

از عینک‌های ایمنی در مواردی که خطر اصابت اجسام و یا ذرات از اطراف محل فعالیت وجود داشته باشد استفاده می‌شود. بنابراین همواره به چشم داشتن این عینک در آزمایشگاه ضروری است. نوعی از عینک‌های ایمنی که شبیه عینک غواصی بوده و یا حالت فنجانی دارند، وظیفه‌ی محافظت از چشم در برابر خطر پاشیدن مواد شیمیایی را دارند (تصویر سمت راست).



#### ۴-۱-۲- شیلدهای محافظ صورت

در بعضی محیط‌های کاری خطرات همزمان ناحیه چشم و صورت را تهدید می‌کنند برای این منظور از شیلد محافظ استفاده می‌شود. جنس و رنگ شیلدها با توجه به عملکرد آن متفاوت است.

برای استفاده بهینه از تجهیزات محافظ سر و صورت لازم است موارد ذیل رعایت شوند:

- شیشه‌ها و لنزهای عینک‌ها و ماسک‌ها را همواره تمیز نگه دارید، تمیز نگه داشتن این تجهیزات از اهمیت بالایی برخوردار هستند زیرا استفاده طولانی از عینک‌های کثیف در طول روز نه تنها می‌تواند باعث خستگی، سردرد و سایر عوارض جسمانی شود، بلکه ممکن است در استفاده کامل و صحیح وسیله حفاظتی نیز تاثیر بگذارد.
- در آزمایشگاه بهتر است از لنز چشمی استفاده نکنید.

#### ۴-۲- روپوش آزمایشگاهی (پوشش تنه)

روپوش مانع حفاظتی برای جلوگیری از رسیدن آلودگی‌های شیمیایی به لباس و پوست کاربر است. باید توجه داشت روپوش نباید به طور غیر معمول گشاد باشد و یا آستین‌های آن گشاد باشد. دکمه‌های روپوش نیز باید بسته باشد و بهتر است از روپوش‌هایی با مچ کشی استفاده شود. قد آستین روپوش باید تمام دست تا مچ را پوشش دهد.

همانطور که بیان شد روپوش مانع حفاظتی در برابر مواد شیمیایی است و بنابراین آلوده است و هرگز نباید از آزمایشگاه خارج شود و باید دور از وسایل شخصی نگه داشته شود. در ضمن باید توجه داشت روپوش داخل آزمایشگاه باید در مکان قابل دسترسی قرار داشته باشد. در ضمن اگر از مقنعه استفاده می‌کنید حتما مقنعه داخل روپوش باشد و اگر موهای بلندی دارید آن را از پشت ببندید.

#### ۴-۳- محافظت از دست‌ها

برای محافظت دست‌ها از دست‌کش استفاده می‌شود، دستکش‌ها مانع عبور بخشی از آلودگی‌های شیمیایی می‌شوند. برای محافظت از دست‌ها در مقابل مواد شیمیایی دست‌کش‌هایی با جنس متفاوت وجود دارند که هر کدام کاربرد خاصی دارد.

دستکش لاتکس: این دستکش‌ها از ترکیبات طبیعی یا مصنوعی لاستیک تولید می‌شوند و در برابر اسیدها، قلیاها و کتون‌ها رقیق مقاومند.

دستکش نیتریلی: این دستکش‌ها ضمن تامین حفاظت لازم در برابر حلال‌های کلره مانند تتراکلرواستیلن و پرکلرواستیلن، مقاومت بیشتری را در برابر سایش خراشیدگی، سوراخ شدن و پاره شدن را نیز دارد. برای انجام کارهای حساس پرتحرک و دستکش‌های نیتریلی سنگین هستند.

دستکش نئوپرنی: این دستکش‌ها با خصوصیتی نظیر انعطاف پذیری مناسب تامین تحرک کافی برای انگشتان، دانسیته بالا و مقاومت در برابر پارگی، حفاظت لازم را در برابر مایعات هیدرولیکی، بنزن، الکل، اسیدهای آلی و بازها تامین می‌کنند.

دستکش لاستیکی بوتیل: این دستکش دارای قدرت حفاظتی خوب در برابر اسیدهای سولفوریک، فلوئوریک، نیتریک و پراکسیدها می‌باشند. دستکش‌های ساخته شده از لاستیک بوتیل علاوه بر این که در مقابل گازها، مواد شیمیایی و بخارات آب بسیار غیرقابل نفوذ در برابر اکسیداسیون و خوردگی حاصل از گاز ازن نیز مقاومند.

دستکش وینیلی: دستکش‌هایی از جنس PVC هستند که استفاده از این‌ها متداول است. وینیل ترکیب پلاستیکی است که مقاومت خوبی در برابر اسید، الکل و قلیا دارد. اما در مقابل حلال‌ها مقاومت خوبی ندارد. این دستکش‌ها از نظر اقتصادی جایگزین مناسبی برای لاتکس طبیعی هستند.

دستکش‌های یک یا چند انگشتی ساخته شده از پشم شیشه و یا سایر مواد عایق: این وسایل حفاظتی در شرایط کار در درجه حرارت‌های بسیار پایین یا بالا کاربرد دارند.

نکات مهم:

- هرگز از دستکش صدمه دیده استفاده نکنید.
- بسیاری از دستکش‌ها یکبار مصرف هستند و نباید مجدداً مورد استفاده قرار بگیرند.
- به هنگام عرق کردن دست به دلیل باز شدن منافذ پوست و امکان ورود آلودگی به بدن باید دستکش‌های یکبار مصرف را تعویض کرد.
- برای خارج کردن دستکش از دست از مچ شروع کنید تا آلودگی به دست منتقل نشود.
- به منظور کار با آون حتماً از دستکش عایق گرما استفاده کنید و هرگز با دستکش پلاستیکی درب آون را باز ننمایید.
- توجه داشته باشید تمام چیزهایی که با دستکش لمس می‌شوند آلوده خواهند شد، پس مادامی که دستکش به دست دارید به وسایل شخصی خود دست نزنید.

#### ۴-۴-محافظت از پا

صدمات و آسیب‌های وارد آمده به پا یکی از معمول‌ترین حوادث شغلی است که با استفاده از پوشش مناسب می‌توان از وقوع آن جلوگیری نمود. کفش مناسب آزمایشگاه کفشی است که روی پا را به طور کامل پوشش دهد و درضمن راحت باشد. هرگز از کفش روباز، کفش با پوشش فلزی یا دمپایی در آزمایشگاه استفاده نکنید. پوشیدن شلوار کوتاه در آزمایشگاه مجاز نیست.

#### ۵- راه های برخورد با مواد شیمیایی

برخی از مواد موجود در آزمایشگاه سمی، خورنده، قابل اشتعال، منفجره و برخی دیگر سرطان‌زا (کارسینوژن)، موتاژن (جهش‌زا) و تراتوژن (سبب صدمه به جنین) هستند، بنابراین نحوه برخورد با این گونه مواد بسیار حائز اهمیت است.

بدیهی است که روش ایده‌آل در کنترل خطرات، حذف نمودن ماده و یا فرایند خطرناک، مثلاً حذف مواد سرطان‌زا و یا استفاده از فرآیند فیزیکی نظیر روش **اولتراسوند** به جای یک فرآیند شیمیایی است. در مورد نحوه و دفعات استفاده از مواد شیمیایی موجود در محیط کار ضروری است یک بررسی به عمل آمده و چنانچه برخی از مواد وجود دارند که به ندرت استفاده شده و برای استفاده احتمالی در آینده نگهداری شده‌اند باید برای حذف و خارج نمودن آن‌ها از محیط کار و یا دفع مناسب آن‌ها اقدامات و هماهنگی لازم به عمل آید. بهتر است در صورت امکان مواد خطرناک با مواد کم خطر جایگزین شوند، مثلاً استفاده از تولوئن به جای بنزن. رعایت موارد زیر در آزمایشگاه بسیار مهم است:

قفسه‌ها مواد شیمیایی حتما باید لبه داشته باشند تا مانع افتادن ظروف مواد شیمیایی شوند. هرگز ظرف مواد شیمیایی نباید روی زمین قرار بگیرند. مواد شیمیایی را تلنبار نکنید. هرگز نباید در ظروف شیشه‌ای شکسته مواد شیمیایی نگهداری شود. مواد شیمیایی را روی میز کار نگهداری نکنید و پس از پایان کار آن‌ها را به قفسه مواد شیمیایی بازگردانید. در ظروف غیر آزمایشگاهی مواد شیمیایی نگهداری نکنید. ظروف مواد شیمیایی حتما باید برچسب داشته باشند. مواد خوراکی را کنار مواد شیمیایی قرار ندهید. اسیدها باید در یک مکان جداگانه نگهداری شوند. مواد شیمیایی به ویژه حلال‌ها باید به دور از حرارت و شعله نگهداری شوند. مواد شیمیایی نباید در قفسه‌هایی که بالاتر از سطح دید چشم هستند، قرار بگیرند. هرگز به اسید غلیظ آب اضافه نکنید. هنگام کار با اسید قوی از پیش‌بند و دستکش ضد اسید استفاده کنید. درب مواد فرار نباید خیلی محکم بسته شود. برای جابجایی مواد شیمیایی از سبد مخصوص حمل مواد شیمیایی و یا ظرف دیگری که ظرف ماده شیمیایی را در برگرد استفاده نمایید که به آن مهار ثانویه گفته می‌شود. ظرف مهار ثانویه می‌تواند از جنس پلاستیک، لاستیک و یا فلز باشد. در برخورد با مواد شیمیایی همواره باید طبق دستورالعمل‌های تعیین شده عمل نمود.

#### ۶- رفتار در آزمایشگاه

رعایت برخی از نکات برای حفظ سلامت و ایمنی خود و سایر افراد در آزمایشگاه بسیار کلیدی است. در آزمایشگاه از خوردن و آشامیدن خودداری کنید. حتماً از تجهیزات حفاظت فردی استفاده نمایید. هرگز در آزمایشگاه سیگار نکشید. شوخی کردن در آزمایشگاه ممنوع است. پس از پایان کار، میز حتماً باید تمیز شود و همه مواد در جای خود قرار بگیرد. برای تمیز کردن میز کار بهتر است اتانول یا پروپیل الکل استفاده شود. توجه داشته باشید که دستمالی که با آن میز کار تمیز می‌شود آلوده است و جزو زباله‌های شیمیایی محسوب می‌شود. ظروف شکسته‌ی شیشه‌ای باید در ظرف جداگانه قرار بگیرد و نباید در سطل زباله ریخته شود. زباله‌های

شیمیایی باید تفکیک شوند. هرگز نباید مواد شیمیایی در کمد لوازم شخصی نگهداری شود. مواد ناسازگار مانند زوج‌های اسید و باز و زوج‌های ردوکس را در کنار یکدیگر نگهداری نکنید. مسیر رفت و آمد در آزمایشگاه باید خالی از هر مانعی باشد. هیچ ماده‌ی شیمیایی، حتی برای مدت کوتاهی، نباید بر روی زمین قرار بگیرد. اگر ماده شیمیایی بر روی زمین ریخته باشد ابتدا بر روی آن شن ریخته می‌شود تا مواد جذب شوند و سپس سطح زمین تمیز می‌گردد. اگر به هر دلیل سطح زمین خیس باشد حتما باید با علامت هشدار "زمین مرطوب" مشخص شود. برای انجام آزمایش حتما باید طبق دستورالعمل عمل شود و برای انجام آزمایش‌های ناشناخته با مشورت مسئول آزمایشگاه، خطرات احتمالی باید پیش بینی شود و تمهیدات لازم باید در نظر گرفته شود. تا جای ممکن در آزمایشگاه نباید به تنهایی کار کرد و باید در فاصله یک فریاد کشیدن حتما شخصی وجود داشته باشد. دانشجویان کارشناسی حتما باید زیر نظر کارشناس در آزمایشگاه کار کنند. ولتاژ ۲۵ ولت متناوب ولتاژ خطرناک محسوب می‌شود و باید احتیاط لازم به عمل آید. در هنگام انجام واکنش شیمیایی می‌توان آن را می‌توان بدون مراقبت گذاشت به شرطی که بدانیم چه واکنش‌های صورت می‌گیرد و در مواقع اضطراری با چه کسی می‌توان تماس گرفت.

#### ۶-۱- دفع مواد زائد خطرناک

به منظور حفاظت از محیط زیست باید به روش‌های کاهش مواد خطرناک آگاهی داشته باشیم. مواد پسماند شیمیایی نباید به آب‌های سطحی تخلیه شده و از تخلیه این گونه مواد به داخل سینک‌ها باید خودداری کرد (در ظروف مخصوص بازیافت جمع‌آوری شوند). مخازن حاوی مواد شیمیایی باید سالم بوده تا از هر گونه نشت مواد شیمیایی جلوگیری به عمل آید. حتما زباله‌های شیمیایی باید تفکیک شوند.

#### ۷- تعیین خصوصیات مواد خطرناک

تمام مواد شیمیایی مورد استفاده باید دارای اطلاعات ثبت شده باشند. اطلاعات مربوط به خطرات مواد شیمیایی از راه‌های زیر قابل دسترسی است:

- از طریق خواندن برچسب (label) ظروف حاوی مواد شیمیایی



- اطلاعات موجود در برگه‌های SDS

- با استفاده از منابع معتبر ایمنی شیمیایی

- کمک گرفتن از سازندگان مواد و افراد متخصص

#### ۷-۱- برچسب‌ها (Labels)

تمام ظروف حاوی مواد شیمیایی موجود در محیط کار باید بطور مناسب برچسب گذاری شوند به طوری که امکان استفاده ایمن از آن‌ها فراهم آید. تولید کنندگان و فروشندگان مواد شیمیایی نیز موظفند که محصولات حاوی مواد خطرناک تولیدی خود را به طور صحیح برچسب گذاری نمایند. ظروف موقت حاوی مواد شیمیایی نیز لازم است دارای برچسب مناسب با ذکر نام ماده و عبارات ایمنی مناسب باشند. حتی ظروفی که مواد شیمیایی در آن‌ها ریخته شده و بلافاصله مورد استفاده قرار می‌گیرند نیز حداقل باید با نام ماده برچسب گذاری شود. البته بدیهی است که نصب برچسب کامل روی ظروف کوچک حاوی مواد عملی نبوده و یا برای ظروف موقتی ضروری نمی‌باشد. یک برچسب کامل باید دارای خصوصیات زیر باشد:

SAMPLE LABEL			
CODE _____ Product Name _____	} <b>Product Identifier</b>	<b>Hazard Pictograms</b>   <b>Signal Word</b> <b>Danger</b>	
Company Name _____ Street Address _____ City _____ State _____ Postal Code _____ Country _____ Emergency Phone Number _____			
Keep container tightly closed. Store in a cool, well-ventilated place that is locked. Keep away from heat/sparks/open flame. No smoking. Only use non-sparking tools. Use explosion-proof electrical equipment. Take precautionary measures against static discharge. Ground and bond container and receiving equipment. Do not breathe vapors. Wear protective gloves. Do not eat, drink or smoke when using this product. Wash hands thoroughly after handling. Dispose of in accordance with local, regional, national, international regulations as specified.  <b>In Case of Fire:</b> use dry chemical (BC) or Carbon Dioxide (CO <sub>2</sub> ) fire extinguisher to extinguish.  <b>First Aid</b> If exposed call Poison Center. If on skin (or hair): Take off immediately any contaminated clothing. Rinse skin with water.		Highly flammable liquid and vapor. May cause liver and kidney damage. } <b>Hazard Statements</b>	
} <b>Precautionary Statements</b>		<b>Supplemental Information</b> Directions for Use _____ _____ _____ Fill weight: _____ Lot Number: _____ Gross weight: _____ Fill Date: _____ Expiration Date: _____	

OSHA 3492-02 2012

- مشخصات ماده شامل نام، نام تجاری و نام شیمیایی ماده ( CAS: عدد شناسایی منحصر به فرد برای هر ماده شیمیایی)

- مشخصات کمپانی سازنده شامل نام و آدرس

- پیکتوگرام‌های ایمنی که به طور مفصل در قسمت های بعدی توضیح داده خواهد شد.

- کلمه‌ی سیگنال (کلمه‌ی خطر (Danger) یا کلمه‌ی هشدار (Warning))

**Danger: خطرات باعث آسیب جدی می‌شود و Warning: خطرات ممکن است باعث آسیب جدی شوند)**

- عبارات ایمنی که توصیف کلی از خطرات ماده است مانند "به شدت اشتعال پذیر"

- عبارات برای پیشگیری که فراهم کننده جزئیات در نگهداری، جابجایی و نحوه حفاظت فردی است مانند "در جای خنک نگهداری کنید" یا "دست کش محافظ بپوشید".

- اقدامات اضطراری در خصوص آتش سوزی مثلاً "دی اکسید کربن با پودر را برای اطفای حریق به کار ببرید".

- دستورالعمل استفاده ایمن شامل روش ها و مقادیر صحیح مثلاً نحوه مخلوط سازی و غیره.

- عبارات کمک‌های اولیه برای مواردی که ماده به نوعی نیازمند اقدام اضطراری و درمان فوری هستند مانند "در مواقع

تماس چشمی فوراً با آب بشوئید."










## ۷-۲- برگه های اطلاعات ایمنی ماده شیمیایی (SDS)

برگه های اطلاعات ایمنی ماده شیمیایی برگه هایی هستند که اطلاعات مورد نیاز برای کار ایمن با مواد شیمیایی را فراهم می آورند. معمولاً یک SDS حاوی اطلاعاتی نظیر خصوصیات ماده، سمیت، واکنش پذیر بودن و احتیاطات لازم در هنگام استفاده به عنوان مثال جداسازی از مواد ناسازگار، روش های صحیح کار و جابجایی ماده، کمک های اولیه و اقدامات اضطراری، سیستم های تهویه و وسایل حفاظت فردی لازم است. در سیستم GHS این برگه ها به نام برگه های اطلاعات ایمنی (SDS) نامیده شده و برای هماهنگ نمودن آنها سازمان OSHA (سازمان سلامت و بهداشت شغلی) یک فرمت استاندارد همراه با ۱۶ عنوان ارائه کرده است (جدول ۱). برگه های SDS در فرمت مشخص شده توسط OSHA توسط کمپانی سازنده تهیه می شود.

جدول ۱- مشخصات یک برگه اطلاعات ایمنی با فرمت هماهنگ

ردیف	عنوان
۱	مشخصات سازنده /فروشنده
۲	مشخصات خطر
۳	اطلاعات ترکیبات و اجزاء تشکیل دهنده
۴	کمک های اولیه
۵	اقدامات آتش نشانی
۶	اقدامات در شرایط اضطراری
۷	شرایط نگهداری
۸	تجهیزات حفاظت فردی
۹	خصوصیات فیزیکوشیمیایی
۱۰	پایداری و واکنش پذیری
۱۱	اطلاعات سم شناسی
۱۲	اطلاعات اکولوژیکی و زیست محیطی
۱۳	نحوه دفع مواد زائد
۱۴	اطلاعات حمل و نقل
۱۵	اطلاعات مقرراتی شامل استانداردها
۱۶	سایر اطلاعاتی که در بخش های دیگر نیامده اند

در سیستم GHS طبقه بندی مواد با روش های هماهنگ تبادل اطلاعات خطر از طریق کلمات سیگنال (عبارات خطر و هشدار)، پیکتوگرام ها با طرح استاندارد است. باید توجه کرد که تقسیم بندی GHS مختص مواد شیمیایی است.

Flame	Flame over circle	Exploding bomb
		
Corrosion	Gas Cylinder	Skull and Crossbones
		
Exclamation mark	Environment	Health hazard
		

پیکتوگرام‌ها

در این قسمت مفهوم هر یک از پیکتوگرام‌های بالا شرح داده می‌شود.

#### – مواد منفجره

برای مثال THF و دی اتیل اتر در معرض هوا تولید پراکسیدهای انفجاری می‌کنند



### - گازهای تحت فشار

شامل گازهای محبوس شده در مخازن و سیلندرها در فشار بالاتر از ۲۸۰ kPa و دمای ۲۰ درجه سانتیگراد و یا به صورت گاز مایع بوده و شامل ۴ زیر گروه گازهای فشرده، گازهای مایع، گازهای مایع سرد شده و گازهای محلول می‌باشد.



### - مواد قابل اشتعال

منظور از مواد قابل اشتعال، قابلیت اشتعال آسان و توانایی سوختن سریع است. این مواد شامل گروه‌های متعددی هستند که نمونه‌های آن در زیر بیان شده است.



### - گازهای قابل اشتعال

گازی است که در هوای ۲۰ درجه سانتیگراد و فشار استاندارد ۱۰۱/۳ kPa قابل اشتعال باشد شامل دو زیر گروه گازهای شدیداً قابل اشتعال و گازهای قابل اشتعال می‌باشد.

### - مایعات قابل اشتعال

بطور کلی مایعی است که نقطه فلاش آن بیشتر از ۹۳ درجه سانتیگراد نباشد.

### - جامدات قابل اشتعال

جامدی است که به آسانی قابل احتراق بوده و یا از طریق اصطکاک منجر به آتش سوزی و گسترش آتش گردد.

### - مواد با واکنشهای خودبخودی

شامل موادی است که در هنگام تجزیه گرمای زیادی، حتی بدون حضور اکسیژن و هوا، تولید نموده ولی این مواد شامل مواد منفجره، پراکسیدهای آلی و اکسید کننده‌ها نیستند. (مانند پیکریک اسید، تری نیتروتولون،  $\text{CH}_3\text{N}_2$ )

### - مواد خطرناک در حالت مرطوب

شامل موادی است که ممکن است در تماس با آب ایجاد گازهای قابل اشتعال نماید. مانند فلز سدیم، پتاسیم، لیتیم (که باید در روغن‌های معدنی (یا نفت) و در مکانی سرد و خشک نگهداری شوند)،  $\text{NaH}$ ،  $\text{PH}_3$  و  $\text{H}_2\text{C}_2$ .

#### - مواد اکسید کننده



شامل مواد یا ترکیبات واکنش پذیر و ناپایدار از نظر حرارتی بوده که می‌توانند منجر به واکنش های تجزیه‌ای خودبخودی گرمازا شوند. موادی مانند سیکلوهگزن، سیکلواکتن و دکالین می‌توانند پراکسید تشکیل دهند.

نمونه هایی از مواد اکسیدکننده عبارتند از:

پرمنگنات پتاسیم، اسید نیتریک غلیظ، اسید پرکلریک، نیترات آمونیوم، ترکیبات هیپوکلریت و هیپوهالید، ید و سایر هالوژنها، کلریت ها، کلراتها و پرکلراتها، ترکیبات کرم (VI) و سایر کروماتها و دی کروماتها، پراکسیدها و سولفوکسیدها.

#### - مواد و ترکیبات خورنده



مواد خورنده به موادی اطلاق می‌شود که در صورت تماس با نسوج و بافت‌های زنده و حتی فلزات به طریق شیمیایی باعث تخریب یا تغییر غیرقابل بازگشت در آنها می‌شود. برای مثال اسیدهای قوی و بازهای قوی و اکسیدکننده های قوی می‌توانند سبب سوختگی و صدمه به چشم‌ها و پوست شوند.

#### - خطر سمیت



ترکیباتی شیمیایی هستند که در صورت استنشاق، خوردن، تزریق یا جذب پوستی آنها در بدن، باعث صدمه به اندام‌های هدف، مانند کبد، ریه می‌گردند. همچنین خارش پوست، سوزش چشم، حساسیت پوستی و تحریک دستگاه تنفسی را نیز ایجاد می‌کنند.

#### - مواد با سمیت زیاد



مواد با سمیت بالا، با یک بار تماس حتی به مقدار کم سبب آسیب‌های جدی، ناتوانی، از کار افتادگی و حتی مرگ را موجب می‌شوند. (مانند CN و فنول)

## – مواد شیمیایی بسیار خطرناک



این مواد شامل ترکیبات کارسینوژن، موتاژن و تراژن ها هستند.

کارسینوژن ها: این ترکیبات در دو گروه کلی شامل سرطانزای شناخته شده و مواد مشکوک به سرطانزایی در انسان تقسیم بندی می شوند.

تراژن ها: شامل اثرات نامطلوب روی جنین هستند. سبب ناقص الخلقه شدن جنین می شوند.

موتاژن ها : دسته ای از مواد شیمیایی که جهش های ژنی را از راه تغییر DNA موجب می شوند و معمولاً سرطانزا هستند..

(نکته: مخلوط دو ماده سمی می تواند باعث افزایش اثرات سمیت به طور مجزا از مجموع دو سمیت شود که به آن سینرژی گفته می شود)

## – خطرات محیطی



این مواد اثرات مخربی و حاد بر روی محیط زیست، آبزیان و سایر موجودات زنده دارند.

## ۸-تجهیزات ایمنی در آزمایشگاه

متداولترین تجهیزات شامل دوش ایمنی، چشم شور و هود آزمایشگاهی است.

### ۸-۱-دوش ایمنی و چشم شور

۱۰ تا ۱۵ ثانیه اول مواجهه با مواد شیمیایی، به ویژه مواد خورنده، حائز اهمیت بوده و تاخیر حتی برای چند لحظه ممکن است باعث آسیب جدی گردد. در صورت مواجهه با مواد شیمیایی، وجود دوش ها و چشم شوی های ایمنی اثرات این مواد را به حداقل می رساند. دوش های ایمنی برای زدودن آلودگی به طور موثر استفاده می شود. لازم به ذکر است که آب، قادر به خنثی سازی آلودگی نیست، بلکه آب آلودگی را از محل مورد نظر پاک کرده و باعث رقیق تر شدن آلودگی می شود. استفاده از چشم شوی و دوش های ایمنی به خصوصیات مواد شیمیایی که افراد از آن ها استفاده می کنند، بستگی دارد.

### ۸-۱-۱-دوش های ایمنی

استفاده از دوش های ایمنی در مشاغلی توصیه می شود که بخش هایی از بدن در تماس با مواد خطرناک باشد. دوش های ایمنی بهتر استسر دوشی به قطر حداقل ۵۰ سانتی متر در طول ۱۵۲ سانتی متر داشته باشند. با این قطر مطمئن هستیم که آب با تمام بدن تماس دارد، نه فقط با سر فرد. این تجهیزات در فاصله ۳۰-۱۵ متری از خطر قرار گیرند تا مدت زمان دسترسی به آن ها بیش تر از

۱۰ ثانیه طول نکشد. البته این ۱۰ ثانیه بسته به اثرات بالقوه مواد شیمیایی ممکن است تغییر یابد. کمترین حجم لازم برای اسپری کردن آب در مدت زمان ۱۵ دقیقه، حدود ۷۰ لیتر بر دقیقه است. شیر دوش باید به گونه ای طراحی شود که کمترین یک ثانیه فعال شده و بدون دخالت دست اپراتور همچنان فعال باشد. اگر دوش در محیطی بسته استفاده می شود باید مطمئن باشیم که مانعی بر سر راه وجود ندارد. دوش و چشم شور باید به صورت مرتب مورد بررسی قرار بگیرند. هنگام ریخته شدن مقدار زیادی مایع سمی روی پوست، لباس های آلوده را از تن خارج کرده و فوری زیر نزدیکترین دوش بروید. حداقل زمان شستشو با آب ۱۵ دقیقه است.



#### ۸-۱-۲- چشم شوی ایمنی

در مواجهه تصادفی چشم با مواد شیمیایی، استفاده از چشم شوی پیش از مراجعه به پزشک و بلافاصله پس از وقوع حادثه وسیله ای مناسبی برای حفاظت افراد می باشد. کمترین حجم لازم برای اسپری کردن آب به طور همزمان برای هر دو چشم ۱/۵ لیتر بر دقیقه با فشار کم و در مدت زمان ۱۵ دقیقه است. شیر چشم شوی باید در جایی قرار داده شود که به سادگی در دسترس بوده و در کمتر از یک ثانیه فعال شده و بدون اینکه دست اپراتور روی شیر یا اهرم باشد، همچنان فعال باقی بماند.



### ۸-۳- هود آزمایشگاهی

هود آزمایشگاهی فضایی است که به منظور محصورسازی و تخلیه بخارات تولید شده در حین کار با مواد شیمیایی استفاده می‌گردد و باعث حفاظت افراد در برابر مواد شیمیایی می‌شود. معمولاً طرف باز از یک صفحه شفاف تشکیل شده است که امکان دید را برای فرد تأمین می‌کند. این صفحه امکان دارد شیشه‌ی نشکن و یا از جنس پلیمر باشد. اشکال استفاده از پلیمر این است که پس از گذشت زمان و در اثر کار با مواد شیمیایی کدر می‌شوند. هودها برای حفاظت افراد در برابر مواد سمی یا مواد شیمیایی خطرناک استفاده می‌شوند. از یک هود ایده آل ۱۰۰٪ هوا به بیرون تخلیه می‌شود و هوا برگشت داده نمی‌شود. بهتر است که تمام هودها مجهز به آلام یا نشانگر جریان هوا باشند تا مشخص شود که درست کار می‌کنند.

- در حین آزمایش، درب هود را پایین بکشید. درب هود شما را در برابر پاشیدن مواد محافظت کند.
- هیچگاه درب یک هود بدون راه فرعی را بطور کامل نبندید. حداقل به اندازه ۵ سانتیمتر درب آن را باز بگذارید؛ بخصوص وقتی که در داخل هود مواد فرار قابل اشتعال وجود داشته باشد.
- آزمایش‌ها در فاصله ۱۵ سانتیمتری از لبه درب هود انجام دهید. در قسمت جلویی دهانه هود قدرت ربایش هود ممکن است کامل نباشد.
- هرگز سر خود را به داخل هود نبرید.
- به عنوان یک قاعده کلی، نبایستی بیشتر از نیمی از سطح کار در داخل هود توسط لوازم و تجهیزات و ... اشغال شود.
- هنگامی که با هود کار نمی‌کنید درب عمودی هود بایستی در پایین ترین حد ممکن قرار گیرد.
- تنها در موقع تنظیم یا نظافت هود درب آنرا در بالاترین وضعیت قرار دهید.
- مواد شیمیایی را در زیر هود انبار نکنید.
- در صورت کار نکردن هود به مسئول آزمایشگاه اطلاع دهید.

### ۹- آتش و اطفای حریق

#### ۹-۱- تعریف حریق

برای ایجاد آتش سه عامل اصلی مورد نیاز می‌باشد:

۱- ماده قابل اشتعال ( سوخت )

۲- حجم معینی از اکسیژن

۳- حرارت کافی

در علم آتش نشانی، این سه عامل را به صورت سه ضلع یک مثلث نشان می‌دهند که به مثلث آتش معروف است.



اگر هر یک از سه ضلع را حذف کنیم، آتشی به وجود نخواهد آمد و نیز اگر در حالت احتراق به طریقی از فعل و انفعالاتی زنجیره‌ای خودکار احتراق ممانعت کنیم آتش خاموش خواهد شد. مثلث آتش، نه تنها عوامل ایجاد آتش را نشان می‌دهد، بلکه راه‌های فرونشاندن آن را نیز مشخص می‌کند. به بیان روشن‌تر، چنانچه هر یک از اضلاع مثلث آتش شکسته شود (یک عامل حذف گردد)، حریق از بین خواهد رفت.

## ۹-۲- گسترش یا توسعه آتش سوزی

حرارت می‌تواند از نقطه‌ای به نقطه‌ای دیگر انتقال یافته و باعث سرایت حریق شود. انتقال حرارت به راه‌های مختلف صورت می‌گیرد و در هر انتقال بخشی از آن تحلیل می‌رود. این راه‌ها عبارتند از:

- هدایت (رسانش)
- جابجایی (همرفت)
- تشعشع (تابش)

### ۹-۲-۱- هدایت (رسانش)

ممکن است انتقال حرارت به صورت هدایت در جامدات، مایعات یا گازها اتفاق بیفتد. اما این امر در جامدات بهتر قابل درک است. در هدایت حرارت، انرژی حرارتی از ملکولی به ملکولی دیگر انتقال می‌یابد و مانند سطل آبی که دست به دست بصورت زنجیروار بین افراد رد و بدل می‌شود، مولکول‌ها در اطراف محل خود نوسان می‌نمایند و انرژی حرارتی را توسط تصادف با مولکول‌های همسایه خود پیش می‌برند. رسانندگی حرارتی در بین اجسام متفاوت است. بیشتر فلزات براحتی هادی حرارت هستند و به همین جهت در ردیف هادی‌های خوب طبقه‌بندی شده‌اند. به لحاظ متفاوت بودن رسانندگی حرارتی، توانایی هدایت حرارت در بین فلزات نیز متغیر است. بهترین فلزات هادی حرارت، نقره و مس هستند. غیر فلزات، هادی‌های ضعیفی هستند و تمام مایعات (بجز جیوه که از جمله فلزات می‌باشد) و گازها، هادیهای ضعیف حرارتی هستند. درحقیقت بعضی از اجسام، مایعات و گازها به جهت اینکه هادی‌های ضعیفی هستند عایق‌های حرارتی نامیده می‌شوند.

اطلاع از رسانندگی حرارتی در موقع آتش‌سوزی در جلوگیری از توسعه آتش، بسیار مهم است. تیرحمال آهنی، در میان دیواری که عایق حرارت نیست سبب انتشار آتش سوزی می‌شود، زیرا حرارت توسط آن هدایت می‌گردد به همین صورت در آهنی ساده نیز که از یک سمت در معرض حرارت قرار دارد به سرعت حرارت را بطرف دیگر هدایت می‌کند. در صورتی که درب چوبی (باوجودی که ممکن است خود آتش بگیرد) ولی عملاً یک مانع مؤثر درمقابل هدایت حرارت است، زیرا چوب هادی ضعیفی است.

### ۹-۲-۲- جابجایی یا همرفت

جابجایی حرارت فقط در مایعات و گازها رخ می دهد. وقتی مایع یا گازی حرارت داده می شود منسبب شده و از غلظت آن کاسته می شود. یعنی مایع یا گاز سیال سبک تر که گرم شده، بالا می آید و سیال غلیظ تر جایگزین آن می گردد. تکرار پی در پی این جابجایی موجب می گردد، یک جریان دورانی در گاز یا مایع ایجاد شود، جابجایی حرارتی توسط حرکت واقعی مولکول ها در تمامی حجم گاز یا مایع انجام می شود تا زمانی که به یک درجه حرارت یکنواخت برسد. جابجایی حرارت در سیستم حرارتی آب گرم (شوفاژ) مورد استفاده قرار می گیرد و نیز در بیشتر سیستم های حرارتی که از رادیاتور استفاده می نمایند. یعنی غالباً حرارت از این رادیاتورها از طریق جابجایی به خارج از آن انتقال می یابد.

به هنگام آتش سوزی در یک ساختمان، جریان جابجایی می تواند گازهای گرم تولید شده توسط احتراق را از طریق راه پله به بالا انتقال دهد و یا آتش را توسط کانال آسانسورها به سمت طبقات فوقانی گسترش دهد و به این ترتیب جریانی از هوای سرد به طور متوالی بطرف آتش حرکت می کند و جایگزین گازهای برخاسته از آن می شود و به توسعه یافتن آتش سوزی کمک می کند.

### ۳-۲-۹- تشعشع یا تابش

حرارت همچنین ممکن است در خط مستقیم توسط روشی که نه هدایت است و نه جابجایی، انتقال یابد. حرارت خورشید از فضای خالی می گذرد تا زمین را گرم کند. گرمای بخاری برقی که در جای بلندی از اتاق گذاشته شده است، در زیر آن احساس می شود در صورتی که نه هدایت و نه جابجایی قادر به انجام این عمل نیستند. این طریق انتقال حرارت را انتقال از طریق تشعشع می گویند و هیچ تماسی بین اجسام وجود ندارد و مستقل از هر ماده موجود در فضا است. این مسئله ناشی از حرکت امواج الکترومغناطیس است.

### ۳-۹- روش های عمومی اطفاء حریق:

اصولاً اگر بتوان یکی از اضلاع هرم حریق ( حرارت، اکسیژن، مواد سوختنی یا واکنش های زنجیره ای) را کنترل و محدود نموده یا قطع کرد، حریق مهار می شود. روشهای عمومی بر اساس ماهیت حریق به اشکال زیر صورت می پذیرند.

- سرد کردن
- خفه کردن
- حذف ماده سوختنی

#### ۱-۳-۹- سرد کردن

یک روش قدیمی و متداول و موثر برای کنترل حریق، سرد کردن است. این عمل عمدتاً با آب انجام می گیرد. یکی از خواص گاز دی اکسید کربن نیز سرد کردن آتش است. میزان و روش بکار گیری آب در اطفاء حریق اهمیت دارد.

#### ۲-۳-۹- خفه کردن

خفه کردن، پوشاندن روی آتش با موادی است که رسیدن اکسیژن به محوطه آتش گردد. این روش اگرچه در همه حریق ها موثر نیست ولی روش مطلوبی برای اکثر حریق ها می باشد. موادی که برای خفه کردن به کار می روند بایستی سنگین تر از هوا بوده و یا حالت پوششی داشته باشند. خاک، شن، ماسه و پتوی خیس نیز این کار را می توانند انجام دهند.

مورد استثناء موادی است که در حین سوختن اکسیژن تولید می‌کنند مانند: نیترات و زنجیره های آلی اکسیژن دار مثل پراکسید های آلی  $R-O-O-H$  یا  $R-COOR$  و  $R-NO_3$  همچنین موادی که سرعت آتش‌گیری در آن‌ها زیاد است مانند دینامیت، سدیم و پتاسیم که از این قاعده مستثنی هستند.

### ۳-۳-۹- حذف مواد سوختنی

این روش در ابتدای بروز حریق امکان پذیر بوده و با قطع جریان، جابجا کردن مواد، جدا کردن منابعی که تاکنون حریق به آن‌ها نرسیده، کشیدن دیوارهای حائل و یا خاکریز و همچنین رقیق کردن ماده سوختنی مایع را شامل می‌شود.

### ۹-۴ مواد خاموش کننده آتش

#### ۱-۴-۹- آب

استفاده از آب برای کنترل حریق یکی از ساده ترین و در عین حال موثر ترین روشی است که تمام افراد با آن آشنا می‌باشند. همان اندازه که استفاده از آب می‌تواند در خاموش کردن آتش مفید باشد به همان اندازه هم می‌تواند در استفاده‌ی نابجا ایجاد مخاطره و گسترش حریق یا خسارات نماید.

مزایای آب:

- فراوان و ارزان است، خصوصا که برای این منظور تصفیه کامل آن لازم نیست.
- ویسکوزیته پایین و قابلیت انتقال آسان داشته و در مجاری فلزی، لاستیکی و برزنتی براحتی جاری می‌شود.
- دارای ظرفیت گرمایی ویژه بالایی بوده که آن را بصورت یک سرد کننده مطلوب مطرح می‌کند.
- غیر قابل تجزیه بر اثر حرارت است، حتی در دمای بالا نیز تجزیه نمی‌شود. به طوری که در ۲۰۰۰ درجه سانتیگراد تنها یک دهم مولکول‌هایش تجزیه می‌شوند.
- توان سرد کنندگی بالایی دارد بطوری که در حجم مساوی، ۶/۵ برابر سرد کننده‌تر از  $CO_2$  است.

معایب آب:

- سنگین وزن است لذا حمل و نقل آن در اطفاء متحرک مشکل است.
- هادی الکتریسیته است، در محل‌هایی که جریان برق وجود دارد، خطر برق گرفتگی را افزایش می‌دهد (ولتاژ متناوب بالای ۲۵ ولت خطرناک است).
- آب دارای خطر تخریب است، زمانی که آب تحت فشار پاشیده شود قدرت تخریب بالایی دارد که گاهی کمتر از خود حریق نیست
- هنگام اطفاء حریق مواد و محصولات در اثر ترکیب با آب دچار خسارت می‌گردند. مانند مواد، اثاثیه و محصولات تولیدی.
- به خاطر افزایش حجم آب هنگام تبخیر در هنگام پاشیدن به روی مایعات قابل اشتعال مثل نفت یا روغن باعث پرتاب شدن مایعات، انفجار و پاشش آن شده و گسترش حریق را باعث می‌شود.

- معمولاً از آب به عنوان خاموش کننده در آزمایشگاه نمی توان استفاده نمود.

#### ۹-۴-۲- کف آتش نشانی

کف بصورت محلول تهیه می گردد. کف در هنگام پاشیده شدن توسط سر لوله کف ساز با هوا و آب مخلوط شده و حباب سازی صورت می گیرد. کف در هنگام استفاده، با گسترش فراوانی که دارد می تواند روی حریق را پوشانده و مانع رسیدن اکسیژن و صعود گازهای ناشی از حریق می شود. نکته مهم در استفاده از کف، توسعه خوب آن و پخش شدن روی سطح ماده احتراقی مخصوصاً مایعات قابل اشتعال بدلیل سبکی آن می باشد.

#### ۹-۴-۳- پودرهای خاموش کننده

استفاده از برخی از مواد شیمیایی که معمولاً دارای بنیان کربنات، سولفات یا فسفات هستند یکی از راه های متداول و ساده برای خاموش کردن آتش از طریق خفه کردن آن است. پودر شیمیایی روی حریق پاشیده شده و باعث پوشاندن آتش و جلوگیری از رسیدن اکسیژن می گردد. پودرها در حرارت بالای ۶۰ درجه سانتیگراد پایداری خوبی ندارند و امکان چسبندگی آن ها در کپسول زیاد می شود. قطر دانه های پودر بسته به نوع مواد و شرکت سازنده حدود ۷۵-۱۰ میکرون است. هرچه قطر ذرات ریزتر باشد پودر موثرتر است.

#### ۹-۴-۴- گاز CO<sub>2</sub>

دی اکسید کربن گازی است غیر قابل احتراق، بی بو و سنگین تر از هوا که دارای چگالی ۱/۵ بوده و هادی الکتریسیته نیست. مکانیسم عمل آن هنگام حریق به سه صورت است: اول خفه کردن آتش با تشکیل یک لایه سنگین مقاوم در مقابل عبور هوا، دوم رقیق کردن اکسیژن هوا در اطراف محوطه حریق و سوم سرد کردن آتش. به همین منظور استفاده از آن در فضاهای کوچک توصیه نمی شود. یکی از خصوصیات مهم گاز CO<sub>2</sub> این است که باعث خسارت به مواد موجود در محیط حریق نمی شود لذا در مواردی که مواد با ارزش دچار حریق می شوند مناسبتر از آب است. CO<sub>2</sub> برای حریق های الکتریکی و الکتریکی بسیار مناسب است زیرا بدلیل عدم هدایت برق و عدم وجود مواد باقیمانده باعث اتصال یا خرابی نمی شود.

#### ۵-۹- دسته بندی حریق بر حسب ماده سوختنی

- کلاس A: از سوختن مواد خشک و یا جامد، مانند چوب، پارچه، پنبه، کاغذ و ... بوجود می آید.
- کلاس B: از سوختن مایعات قابل اشتعال مانند روغن و نفت، بنزین، حلالهای شیمیایی و ... بوجود می آید.
- کلاس C: از سوختن گازهای قابل اشتعال مانند متان و ... بوجود می آید. تجهیزات الکتریکی نیز در برخی منابع در همین گروه قرار می گیرند.
- کلاس D: از سوختن فلزات قابل اشتعال مانند منیزیم، تیتانیوم، سدیم و ... بوجود می آید.



## ۹-۶-کپسولهای اطفای حریق

کپسول آتش نشانی نوعی وسیله برای خاموش کردن آتش است این وسیله جزو خاموش کننده‌های قابل حمل دستی محسوب می‌شود که بر حسب نوع آتش ترکیبات مختلف ماندندی اکید کرین، آب، پودر، کف و ... را به همراه مقداری گاز در آن فشرده می‌کنند.

### ۹-۶-۱-کپسولهای اطفای حریق CO<sub>2</sub>

(در استاندارد NFPA رنگ این کپسولها قرمز با نوار سیاه است )



برای کلاس A, B و C مناسب هستند. دی اکسید کرین دارای خصوصیات مطلوبی در اطفای حریق است. قابل اشتعال نبوده و با تعداد زیادی از مواد واکنش نمی‌دهد و از آنجا که به صورت گاز است، می‌تواند در تمام جهات حریق نفوذ کرده و گسترش یابد علاوه بر این در حالت گازی و حتی در فاز جامد بسیار ریز که برفک گفته می‌شود رسانای جریان نیست، بنابراین می‌توان برای اطفای حریق ناشی از تجهیزات برقی از آن استفاده نمود. این ماده خاموش کننده بسیار مهمی می‌باشد زیرا ترکیب درصد اکسیژن محیط را کاهش می‌دهد و اتمسفر را رقیق نموده از بروز حریق های بزرگ جلوگیری می‌نماید. دقت شود که اثر خنک کنندگی آن قابل توجه بوده، به ویژه زمانی که به صورت مستقیم بروی حریق استفاده شود. به همین دلیل نازل کپسول CO<sub>2</sub> برای جلوگیری از انتقال سرما به دست متفاوت از سایر کپسول ها طراحی شده است.

### ۹-۶-۲-کپسولهای اطفای حریق آب

(در استاندارد NFPA رنگ این کپسولها قرمز است)



برای مواد کلاس A که از خود خاکستر به جای می‌گذارند، بهترین خاموش کننده آب است که بسته به شرایط آب به صورت مه پاش، به صورت جت، به صورت غرق کردن یا غوطه ور کردن استفاده می‌شود. توجه شود که در آتش سوزی‌های مرتبط با تجهیزات الکتریکی که برق به عنوان عامل ایجاد حریق محسوب می‌شود و سبب آتش گرفتن مواد (جامد، مایع، گاز) می‌شود، استفاده از آب ممنوع است. به علاوه، در مواردی که سوختن ناشی از روغن یا چربی است از این خاموش کن نباید استفاده کرد.

### ۳-۶-۹- کپسولهای اطفای حریق پودری

(در استاندارد NFPA<sup>۱</sup> رنگ این کپسولها آبی و یا قرمز با نوار آبی است)



برای کلاس D مناسب است. شبیه یک پتو از رسیدن اکسیژن به آتش و تداوم آتش سوزی جلوگیری می کند. دقت به این نکته لازم است که به علت پراکنده شدن ذرات پودر در هوا شعاع دید کم می شود. به علاوه پودر خشک برای اطفای حریق مایعات بازده کمتری دارد. البته می توان از آن برای اطفای حریقهای برقی استفاده نمود. استفاده از خاموش کننده پودری اثراتی را بر جای گذاشته و نیاز به نظافت پس از اطفای دارد.

### ۴-۶-۹- کپسولهای اطفای حریق کف (فوم)

(در استاندارد NFPA رنگ این کپسولها کرم و یا قرمز با نوار کرم می باشد)



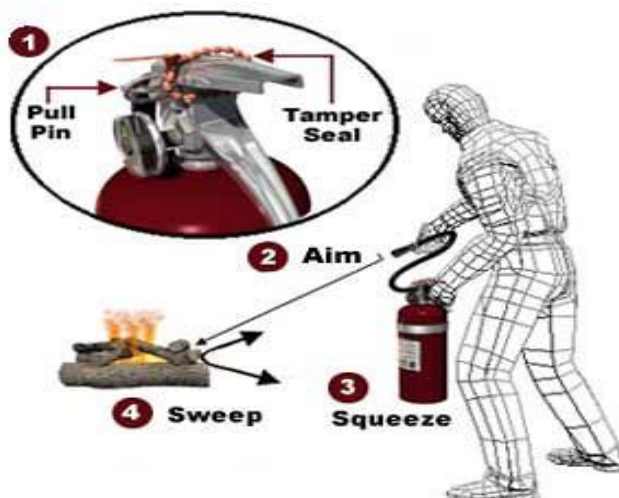
برای کلاس A و B مناسب است. خاموش کننده کف با پوشاندن سطح ماده در حال اشتعال از رسیدن اکسیژن هوا به آتش جلوگیری کرده و وزن مخصوص آن کمتر از وزن مخصوص مایعات قابل اشتعال است، لذا در سطح آن شناور گشته و پائین نمی رود. کاربرد این خاموش کننده نسبت به سایر خاموش کننده ها کمتر است. برای آتش سوزی های ناشی از تجهیزات الکتریکی استفاده نشود.

### ۹-۷- مکانیزم عمل کپسول آتش نشانی

در ابتدا نوع آتش سوزی را تشخیص دهید تا بتوانید با استفاده از برچسب روی کپسول ها، کپسول مناسب را برای خاموش نمودن آتش انتخاب کنید. بعد از انتقال کپسول به محل آتش سوزی، عملیات زیر را به ترتیب انجام دهید.

۱. ضامن را بکشید .
۲. شیلنگ و نازل کپسول را به سمت مرکز آتش (ماده در حال سوختن) و نه شعله های آتش بگیرید .
۳. دستگیره را فشار دهید.
۴. با حرکت نازل و با حرکت از یک سو به سوی دیگر آتش، اصطلاحاً آتش را با خاموش کن جاروب کنید.

<sup>1</sup> National Fire Protection Association



نکات مهم:

- اولین گام هنگام وقوع حریق قطع جریان گاز و برق است.
- اگر مطمئن نیستید که قادر به اطفای حریق هستید فوراً منطقه را ترک کنید و به سایرین و مراکز آتش‌نشانی اطلاع دهید.
- در صورتی که فردی دچار حریق شده هرگز به حالت ایستاده اقدام به خاموش کردن و استفاده از پتوی ضد حریق نکنید.