

## جزوه جامع ایمنی در آزمایشگاه شیمی

راهنمای علمی-عملی برای دانشجویان و پژوهشگران

دکتر محبوبه رستمی

عضو هیات علمی گروه شیمی دارویی

فروردین ۱۴۰۵

---

### فصل ۱: فلسفه ایمنی و اصول کلی

#### ۱.۱ چرا ایمنی در آزمایشگاه شیمی حیاتی است؟

آمارهای هشداردهنده جهانی:

- ۸۵٪ حوادث آزمایشگاهی ناشی از خطای انسانی است
- ۶۰٪ حوادث شیمیایی در هنگام انتقال مواد رخ می‌دهد
- ۴۰٪ آسیب‌های چشمی در آزمایشگاه قابل پیشگیری با عینک ایمنی هستند

مثال تاریخی فاجعه‌بار:

#### حادثه دانشگاه کالیفرنیا لس آنجلس (UCLA) - ۲۰۰۸

- محل: آزمایشگاه شیمی آلی
- مواد: تری-بوتیل لیتیم (t-BuLi) - واکنش پذیری بالا در مجاورت هوا
- حادثه: یک دانشجوی ۲۳ ساله (شیرا چانگ) در حین پمپاژ t-BuLi با سرنگ، سرنگ از اتصال جدا شد و ماده روی لباس ریخت
- واکنش: t-BuLi با هوا مشتعل شد و لباس او (از جنس پلی‌استر) آتش گرفت
- نتیجه: سوختگی درجه سه بر روی ۴۳٪ بدن، ۱۸ روز کما، و مرگ پس از ۱۸ روز
- علل ریشه‌ای: ۱. عدم استفاده از روپوش آزمایشگاهی مقاوم در برابر آتش ۲. عدم آموزش کافی در مورد خطرات مواد به شدت واکنش پذیر ۳. عدم نظارت مستقیم استاد راهنما ۴. عدم دسترسی به دوش ایمنی در نزدیکی

درس‌های کلیدی از این حادثه:

۱. هر ماده شیمیایی می تواند کشنده باشد

۲. PPE مناسب نجات بخش است

۳. آموزش مداوم ضروری است

## ۱.۲ اصول طلایی ایمنی در آزمایشگاه شیمی

**اصل ۱: پیشگیری بهتر از درمان است**

- شناسایی خطرات قبل از شروع کار
- برنامه ریزی برای شرایط اضطراری

**اصل ۲: هیچ آزمایشی ارزش جان انسان را ندارد**

- اگر در مورد ایمنی آزمایشی تردید دارید، انجام ندهید
- از مشورت با افراد با تجربه نترسید

**اصل ۳: بدانید با چه چیزی کار می کنید**

- مطالعه SDS (برگه اطلاعات ایمنی مواد) قبل از کار
- شناخت خواص فیزیکی و شیمیایی مواد

**اصل ۴: برای بدترین حالت آماده باشید**

- همیشه بدانید نزدیکترین خاموش کننده آتش کجاست
- مسیرهای خروج اضطراری را حفظ کنید

**اصل ۵: مسئولیت شخصی**

- ایمنی شما به رفتار شما بستگی دارد
  - رفتار نایمن دیگران را گزارش دهید
-

## فصل ۲: شناخت مواد شیمیایی و طبقه‌بندی خطرات

### ۲.۱ سیستم‌های طبقه‌بندی بین‌المللی

#### الف) سیستم GHS (سیستم هماهنگ جهانی طبقه‌بندی و برچسب‌گذاری مواد شیمیایی):

یک سیستم بین‌المللی است که توسط سازمان ملل برای هماهنگ‌سازی و استانداردسازی نحوه طبقه‌بندی مواد شیمیایی و برچسب‌گذاری آن‌ها طراحی شده و به کشورهای مختلف کمک می‌کند تا قوانین ایمنی مواد شیمیایی را هماهنگ کنند و ایمنی و سلامت افراد و محیط زیست تضمین شود. از بروز حوادث و آسیب‌های مرتبط با آن‌ها جلوگیری نمایند.

#### ویژگی‌های اصلی GHS:

1- طبقه‌بندی خطرات مختلف مواد شیمیایی: مواد شیمیایی را به گروه‌های مختلف مانند سمی، آتش‌زا، خوردنده و غیره طبقه‌بندی می‌کند.

2- برچسب‌ها: شامل نمادهای خطر، هشدارها، توضیحات خطر، و دستورالعمل‌های ایمنی است

3- برگه اطلاعات ایمنی مواد (SDS): یک سند استاندارد که اطلاعاتی در مورد ویژگی‌های خطرناک، روش‌های حمل و نقل، ذخیره‌سازی، و اقدامات احتیاطی مرتبط با ماده شیمیایی را ارائه می‌دهد

4- نمادهای خطر: هر نماد خطر نمایانگر یک نوع خطر خاص است، مانند خطرات زیستی، شیمیایی یا محیطی

بر اساس این طبقه‌بندی، سه گروه اصلی خطرناک وجود دارند که عبارتند از:

- خطرات فیزیکی
- خطرهای سلامتی
- خطرات محیطی

هر کدام از این گروه‌های اصلی دارای کلاس‌ها و دسته‌بندی‌هایی هستند. هر کدام از این بخش‌ها به عنوان یک بلوک (Building block) شناخته می‌شود. هر کشوری می‌تواند تعریف نماید که کدام بلوک‌ها را در کدام بخش‌ها (محیط کار، حمل و نقل، محصولات مصرفی) به کار برده شوند. پس از انتخاب بلوک باید از قوانین مربوط به GHS برای طبقه‌بندی مواد شیمیایی استفاده شود.

## کلاس ها

همانگونه که قبلتر اشاره شد سه گروه اصلی در طبقه بندی مواد شیمیایی هر کدام دارای کلاس های متفاوتی هستند که در ادامه به آنها اشاره شده است.

### کلاس های مربوط به گروه خطرات سلامتی

- سمیت حاد
- خوردگی / تحریک پوست
- آسیب جدی چشمی / سوزش و تحریک چشم
- حساسیت پوستی یا تنفسی
- جهش زایی سلولی
- سرطان زایی
- اختلال در تولید مثل
- سمیت برای یک عضو خاص – برای یکبار قرار گرفتن در معرض آن
- سمیت برای یک عضو خاص – تماس و قرار گرفتن در معرض آن به صورت مداوم و تکراری

### کلاس های گروه خطرات فیزیکی

- مواد منفجره
- گازهای قابل اشتعال
- ذرات معلق
- گازهای اکسید کننده
- مایع قابل اشتعال
- جامدات قابل اشتعال
- مواد و ترکیبات خود واکنش دهنده
- مایعات پیروفوریک
- جامدات پیروفوریک
- مواد و ترکیبات خود گرم شونده
- مواد ترکیباتی که در صورت تماس با آب گازهای اشتعال پذیر منتشر می کنند
- مایعات اکسید کننده
- جامدات اکسید کننده

- پراکسیدهای آلی
- خوردن گان فلزات

### کلاس های موجود در خطرات محیطی

- خطرناک برای آبزیان
- خطرناک برای لایه اوزون

## ۲.۲ برچسب گذاری مواد شیمیایی

مدیران واحدهایی که مواد شیمیایی را بدون برچسب دریافت داشته اند تا زمانیکه اطلاعات لازم را از عرضه کننده دریافت نکرده اند نباید آنها را مورد استفاده قرار دهند. کلیه مواد شیمیایی باید بصورتی که نمایانگر ماهیت آن باشد دارای علامت مربوطه باشد. برچسب یا علامت باید بصورتی باشد که این امکان را برای استفاده کننده فراهم آورد که مواد شیمیایی را در حین دریافت و استفاده از آن تشخیص دهد. برچسب باید مشخص کننده نوع ماده شیمیایی، نام عمومی و نام تجاری باشد. ممکن است به دلیل اندازه ظروف و یا ماهیت بسته بندی علامت گذاری مواد شیمیایی غیر عملی باشد با این وجود آنها باید به طریقی مثل استفاده از اتیکت قابل شناسایی باشد.

هدف از برچسب گذاری دادن اطلاعات اساسی در موارد ذیل است:

### الف- طبقه بندی مواد شیمیایی

### ب- مخاطرات مواد شیمیایی

### ج- احتیاطاتی که بایستی رعایت شود

## ۲.۲.۱ مقررات برچسب گذاری

مقررات برچسب گذاری که بایستی مطابق با مقررات ملی باشد موارد زیر را در بر میگیرد:

- ✓ نام تجاری
- ✓ تعیین ماده شیمیایی
- ✓ نام، آدرس، شماره تلفن تولید کننده، وارد کننده و عرضه کننده کالا
- ✓ نماد یا علائم مخاطره آمیز بودن ماده سمی، خوردنده، پرتوزا، منفجر
- ✓ احتیاطات ایمنی
- ✓ تعیین گروه شیمیایی

- ✓ خوانایی ، دوام و اندازه برچسب
- ✓ مقدار محتوی بسته یا ظرف

## ۲.۲.۲ لوزی خطر

انجمن ملی حفاظت حریق آمریکا NFPA استاندارد را تحت عنوان NFPA 704 تدوین کرده است که برای شناسایی خطرات مواد (به خصوص مواد شیمیایی) به کار می رود.

در بین کارشناسان ایمنی و بهداشت حرفه ای ، این استاندارد به لوزی خطر مشهور شده است . تقریباً کلیه اطلاعات مربوط به مواد شیمیایی به طور اختصار در یک شکل چهار گوش یا لوزی به نام لوزی خطر چاپ میشود . این لوزی خود از چهار لوزی دیگر تشکیل شده است که هر کدام دارای رنگهای متفاوتی است و هر کدام از رنگها دارای مفهوم خاصی است و مشخص کننده نوع خطر است.

برای مشخص کردن میزان شدت و ضعف هر کدام از این خطرات برای هر لوزی اعداد صفر تا چهار تعریف شده است این اعداد برای هر نوع خطر به طور جداگانه تعریف شده است و افراد را از نوع و شدت خطر مواد آگاه میسازد.

### مفهوم رنگ ها در لوزی خطر

رنگ قرمز خطرات اشتعال پذیری (Flammability Hazards) ماده را مشخص می کند .

رنگ آبی خطرات سلامتی (Health Hazards) را مشخص می کند.

رنگ زرد خطرات واکنش پذیری (Reactivity Hazards) را مشخص می کند .

رنگ سفید خطرات خاص (Specific Hazards) را مشخص می کند.

### قابلیت اشتعال

درجه ۴: گازهای شدیداً قابل اشتعال و مایعات بسیار فرار و موادی که در حالت گرد و غبار در هوا تشکیل مخلوط انفجاری می دهند (سولفید هیدروژن - استالدئید - اسید پیکریک) درجه ۳: مایعاتی که تقریباً در حالت نرمال مشتعل می شوند (هیدروکسیل آمین - فسفر سفید - استایرن)

درجه ۲: مایعاتی که جهت مشتعل شدن باید مقداری حرارت ببینند (اسید استیک - نفتالن - فرم آلدئید)

درجه ۱: موادی که قبل از اشتعال باید حرارت ببینند (گلیسرین - سولفور - روی)

درجه صفر: موادی که مشتعل نمی شوند (اسید نیتریک - پراکسید سدیم - اسید سولفوریک)



## خطرات بهداشتی

- درجه ۴: موادی که مقدار کمی از بخارات آنها می تواند سبب مرگ شود (هیدروژن سیانید)
- درجه ۳: موادی که خطر فوق العاده ای برای سلامتی دارند (سولفید هیدروژن - هیدروکسید سدیم)
- درجه ۲: موادی که برای سلامتی خطرناک هستند (اکسید اتیلن - نفتالین)
- درجه ۱: موادی که خطرات کمی برای سلامتی دارند. (کلسیم)
- درجه صفر: موادی که تحت شرایط حریق نیز خطری برای سلامتی ندارند. (برنز - فسفر قرمز)



## قابلیت فعل و انفعال شیمیایی

- درجه ۴: موادی که در حرارت و فشار معمولی قادر به تجزیه یا واکنش انفجاری است (اسید پیکریک - تری نیتروتولون)
- درجه ۳: موادی که قادر به تجزیه یا واکنش انفجاری بوده ولی جهت این کار به چاشنی یا حرارت کافی نیاز دارند (فلوئور)
- درجه ۲: موادی که در حالت عادی ناپایدار بوده و تغییرات شیمیایی یافته ولی منفجر نمی شوند
- درجه ۱: موادی که در حالت عادی پایدار بوده ولی در حرارت و فشار بالا ممکن است ناپایدار شوند و با آب واکنش نموده و انرژی آزاد نمایند. (روی)
- درجه صفر: موادی که در حالت عادی حتی در شعله پایدار هستند و با آب واکنش نمیدهند. (ذغال چوب)



## خطرات خاص

- خطرات خاص شامل خطر واکنش با آب، خطر اکسید کنندگی، خطر رادیواکتیویته، خطر خوردگی، اسید و قلیا یا خطر مواد رادیواکتیو را نشان می دهد



## اطلاعات لوزی خطر

### قرمز

خطرات آتش سوزی (نقطه اشتعال)

- ۴- زیر ۷۳ درجه فارنهایت
- ۳- زیر ۱۰۰ درجه فارنهایت
- ۲- زیر ۲۰۰ درجه فارنهایت
- ۱- بالای ۲۰۰ درجه فارنهایت
- ۰۰- نمی سوزد

### زرد

واکنش پذیری

- ۴- ممکن است منفجر شود
- ۳- ممکن است در اثر حرارت و شوک منفجر شود
- ۲- تغییرات شیمیایی شدید
- ۱- در برابر حرارت ناپایدار است
- ۰۰- پایدار است

### آبی

خطرات بهداشتی

- ۴- مرگبار
- ۳- خیلی خطرناک
- ۲- خطرناک
- ۱- با خطر کم
- ۰۰- نرعال

### سفید

خطرات خاص

- اکسید کننده OX
- اسیدی ACID
- قلیایی ALK
- خورنده COR
- عدم خطر W



### ۲.۲.۳ پیکتوگرام خطر:

پیکتوگرام یک نماد تصویری است که برای نمایش سریع و قابل فهم خطرات یا ویژگی های یک ماده شیمیایی یا وضعیت خاص به کار می رود. این پیکتوگرام ها با هدف ارائه اطلاعات فوری و واضح درباره خطرات مختلف طراحی شده اند و به کاربران کمک می کنند تا به سرعت خطرات یک ماده شیمیایی را شناسایی کرده و اقدامات ایمنی مناسب را انجام دهند.

#### ۱. مواد قابل اشتعال (Flame)



- پیروفوریک ها ( نقطه اشتعال زیر ۵۵ درجه سلسیوس در هوا
  - موادی که گازهای قابل اشتعال از خود ساطع می کنند.
  - موادی که واکنش های خودبخودی و گرمازا دارند مثل پراکسیدهای آلی
- خطرات:** این نماد نشان دهنده مواد شیمیایی است که به راحتی مشتعل می شوند. مواد آتش زا می توانند با حرارت یا جرقه آتش بگیرند و خطر آتش سوزی ایجاد کنند.

گازهای قابل اشتعال (دسته بندی ۱)، مواد معلق قابل اشتعال (دسته ۱ و ۲)، مایعات قابل اشتعال (دسته ۱، ۲ و ۳)، جامدات قابل اشتعال (دسته ۱ و ۲)، مایعات پیروفوریک (دسته ۱)، جامدات پیروفوریک (دسته ۱)، گازهای پیروفوریک (دسته ۱)، مواد و ترکیبات خود گرم شونده (دسته بندی ۱ و ۲)، ترکیبات و موادی که در صورت تماس با آب گازهای اشتعال پذیر منتشر می کنند (دسته بندی ۱، ۲ و ۳)، مواد و ترکیبات خود واکنش دهنده (انواع F+، E، D، C، B\*)، پروکسیدهای آلی (انواع F+، E، D، C، B\*)

#### ۲. مواد خورنده



- سوزاننده / خورنده پوست
- آسیب رساننده به چشم
- خورنده فلزات

**خطرات:** این پیکتوگرام برای مواد شیمیایی است که می توانند باعث آسیب شدید به پوست، چشم ها و بافت های دیگر بدن شوند. این مواد همچنین ممکن است به فلزات آسیب برسانند.

### ۳. مواد سمی

- سمیت حاد (کشنده یا سمی)
- دهانی (دسته های ۱، ۲ و ۳)
- پوستی (دسته های ۱، ۲ و ۳)
- استنشاق (دسته های ۱، ۲ و ۳)



**خطرات:** این نماد نشان دهنده مواد شیمیایی است که می توانند به سرعت و به شدت برای سالمی مضر باشند. این مواد ممکن است کشنده باشند و در صورت تماس با بدن (از طریق بلع، تنفس یا جذب پوستی) باعث مسمومیت شوند.

### ۴. گازهای تحت فشار

**خطرات:** این نماد برای گازهای فشرده، مایع شده یا مذاب به کار می رود. این مواد ممکن است در صورت آسیب دیدن، به صورت ناگهانی آزاد شده و منجر به انفجار یا آسیب به افراد شوند.



### ۵. مواد اکسیدکننده، (Flame over circle)

- گازهای اکسید کننده (دسته ۱)
- مایعات اکسید کننده (دسته های ۱، ۲ و ۳)
- جامدات اکسید کننده (دسته های ۱، ۲ و ۳)



## ۶. مواد منفجره

- مواد و ترکیبات خود واکنش دهنده (Types A and B\*)
- پروکسیدهای آلی (Types A and B\*)



**خطرات:** این نماد برای مواد شیمیایی است که در برابر فشار، ضربه یا حرارت به شدت ناپایدار هستند و می توانند منجر به انفجار شوند.

## ۷. مواد خطرناک برای محیط زیست

- مسموم کننده آبزیان و آلوده کننده خاک و هوا



**خطرات:** این پیکتوگرام برای مواد شیمیایی استفاده می شود که به محیط زیست آسیب می رسانند، به ویژه به موجودات زنده در آب ها. این مواد می توانند به اکوسیستم ها آسیب بزنند و باید با احتیاط دفع شوند.

## ۸. مواد خاص، حساسیت زا و التهاب آور

این نماد در موارد زیر مورد استفاده قرار می گیرد:

- سمیت حاد - دهانی، پوستی یا استنشاقی (دسته ۴)
- خوردگی و تحریک پوست (دسته ۲)
- خسارات جدی به چشم و تحریک آن (دسته ۲ و A۲)
- حساسیت دستگاه تنفسی و پوست (دسته های ۱، ۱A و B۱)



- سمیت برای یک عضو خاص - برای یکبار قرار گرفتن در معرض آن (دسته ۳)

## ۹. خطرات بهداشتی (مواد سرطان‌زا، جهش‌زا، ...)



- حساسیت دستگاه تنفسی و پوست (دسته های ۱، ۱A و B)
- ایجاد جهش سلولی (دسته های ۱، ۱A و B و ۲)
- سرطان زایی (دسته های ۱، ۱A و B و ۲)
- اختلال در تولید مثل (دسته های ۱، ۱A و B و ۲)
- سمیت برای یک عضو خاص - برای یکبار قرار گرفتن در معرض آن (دسته های ۱ و ۲)
- سمیت برای یک عضو خاص - تماس و قرار گرفتن در معرض آن به صورت مداوم و تکراری (دسته های ۱ و ۲)

**خطرات:** این پیکتوگرام برای مواد شیمیایی استفاده می شود که باعث اثرات طولانی مدت یا کشنده بر سلامت انسان می شوند، مانند سرطان زها، مواد آلرژی زا، مواد مضر برای دستگاه تنفسی و نارسایی های اعضای داخلی بدن



## ۲.۳ دستورالعمل ایمنی کار با مواد شیمیایی

۱. قبل از استفاده هر نوع ماده شیمیایی حتما بر گه اطلاعات ایمنی مواد شیمیایی (MSDS) را مطالعه نمایید.
۲. تمام مواد شیمیایی باید دارای برچسب معرفی کننده ماده شیمیایی (Labeling) باشند.
۳. در مناطقی که خطر انفجار و اشتعال دارد، سیگار نکشید.
۴. همیشه دستورات و توصیه های کارخانه سازنده ماده شیمیایی را رعایت نمایید.
۵. شماره تلفنهای اضطراری در محل نگهداری مواد شیمیایی و انبارها نصب شود.
۶. هنگام استفاده از هر گونه ماده شیمیایی حتما از وسایل حفاظت فردی استفاده نمایید.
۷. از اختلاط مواد شیمیایی با یکدیگر جداً خودداری کنید.
۸. مطمئن شوید که درب تمامی ظروف حاوی مواد شیمیایی به خوبی بسته میشوند و هرگز درب مواد شیمیایی را باز نگذارید.

۹. رقیق سازی مواد شیمیایی را با صبر و حوصله و به آرامی انجام دهید و برای رقیق سازی اسید، اسید را به محلول یا آب اضافه کنید.
۱۰. مواد شیمیایی را هیچ وقت در ارتفاع بالاتر از چشم قرار ندهید.
۱۱. حتما دوش و چشم شوی اضطراری در محل انبارهای مواد شیمیایی نصب شود.
۱۲. مواد شیمیایی حتما باید در محلی نگهداری و استفاده شوند که دارای سیستم تهویه باشد.
۱۳. مواد شیمیایی آتشگیر را دور از گرما، نور مستقیم آفتاب و شعله نگه دارید.
۱۴. از نگهداری مواد شیمیایی در کنار دستگاه های برقی و جرقه زا خود داری کنید.
۱۵. هرگز از ظرف مواد غذایی برای نگهداری مواد شیمیایی استفاده نکنید.
۱۶. از نگهداری مواد اکسید کننده در کنار مواد قابل اشتعال خودداری کنید.
۱۷. هیچ وقت کل ماده را در بخش جابه جا نکنید کافی است در یک ظرف مقاوم و مناسب میزان ماده لازم را جابه جا کنید.
۱۸. محل نگهداری کیسولهای آتشنشانی و فایرباکس مشخص و در دسترس باشد.
۱۹. تابلوهای راهنما (خروج اضطراری) حتما در محل نصب شود.

#### ۲.۴ MSDS چیست؟

MSDS از حروف اول کلمات Material (مواد)، Safety (ایمنی)، DATA (اطلاعات) و Sheets (برگه ها) تشکیل یافته است؛ و به معنای "برگه اطلاعات ایمنی مواد شیمیایی" میباشد. MSDS باید تا جایی که ممکن است ساده و مختصر و به زبان رسمی کشور استفاده کننده باشد.



وجود برگه اطلاعات ایمنی در کنار ماده مورد نظر، اطلاعاتی در اختیار مصرف کننده قرار می دهد که مصرف کننده با آگاهی از ماهیت آتی ماده مزبور، قادر خواهد بود از خطرات و ضایعات ناشی از استفاده، جابجایی و انبارش نادرست آن در امان

باشد؛ بدین ترتیب که اطلاعات مندرج در MSDS هر ماده ای بیانگر این است که نحوه صحیح استفاده از آن باید چگونه باشد، در چه درجه حرارت و چه نوع محیطی باید نگهداری شود، در انبارش و جابجایی آن چه نکات ایمنی باید رعایت شود و در صورت بروز خطر نحوه مقابله با عوارض آن ماده چگونه خواهد بود.

به طور کلی یک MSDS حاوی اطلاعات گوناگونی می باشد که تعدادی از آنها عبارتند از:

۱. نام ماده شیمیایی
۲. ترکیب یا اطلاعات مربوط به اجزاء سازنده آن
۳. آشنایی با خطرات احتمالی
۴. اقدامات اولیه اورژانس
۵. اقدامات اولیه در مواجهه با حریق
۶. اقدامات اولیه در صورت ریختن اتفاقی ماده شیمیایی
۷. روش های مهار کردن سرایت آن
۸. خواص فیزیکی و شیمیایی
۹. پایداری و واکنش پذیری
۱۰. اطلاعات سمیت ماده شیمیایی
۱۱. اطلاعات اکولوژیکی
۱۲. اصول صحیح معدوم کردن پسماند های آن
۱۳. اطلاعات لازم در مورد جابه جا کردن
۱۴. سایر اطلاعات

نمونه برگه MSDS اتانول بعنوان نمونه در زیر ارائه شده است:

 <b>علائم هشدار: قابل اشتعال، محرک</b>		<b>نام ماده: اتانول</b>	
<b>فرمول</b> شیمیایی: C2H5OH	<b>حالت فیزیکی:</b> مایع	<b>رنگ:</b> بدون رنگ	<b>بو:</b> بوی ضعیف شرابی
<b>نوع مواجهه</b>	<b>اثرات</b>	<b>کمک های اولیه</b>	<b>پیشگیری</b>
<b>چشم</b>	تحریک چشم ها، باعث حساسیت همراه با درد نسبت به نور میشود. باعث آسیب به قرنیه میشود	پلکها را کاملا از هم باز نگهداشته و چشمها را با مقادیر زیادی آب به مدت حداقل 15 دقیقه بشوئید.	استفاده از عینک ایمنی معمولی یا داری قاب محافظ دور چشم (goggles)
<b>پوست</b>	در حد متوسط باعث تحریک پوست شده و در انتهای اندامها ایجاد سیانوز میکند.	فوراً لباسهای آلوده را از تن خارج کرده به سرعت پوست را با مقادیر زیادی آب و صابون بمدت حداقل 15 دقیقه بشوئید. قبل از استفاده مجدد از لباسها آنها را آبکشی نمائید.	از دستکش مناسب (لاتکس) استفاده شود.
<b>خوردن و بلعیدن</b>	باعث تحریک معده- حالت تهوع - اسهال و استفراغ شده و قادر است مسمومیت سیستمیک ایجاد کرده و افزایش قندخون - خواب آلودگی و تخدیر سیستم اعصاب مرکزی و هیجان پذیری - سردرد - سرگیجه - خواب آلودگی - تهوع - بیهوشی - کما و مرگ در اثر اختلال در عملکرد تنفسی نماید.	فرد مسموم را وادار به استفراغ نکنید - اگر هوشیار است به او 2 فنجان آب یا شیر بنوشانید. اگر فرد بیهوش است به او چیزی نخورانید. در صورتی که بدحال است او را به پزشک برسانید.	در هنگام کار با مواد شیمیایی از خوردن و آشامیدن پرهیز نمایید
<b>استنشاق</b>	استنشاق غلظتهای زیاد آن علاوه بر تحریک دستگاه تنفس بر عملکرد سیستم اعصاب مرکزی تاثیر گذاشته و منجر به حالتهای تهوع - سردرد - سرگیجه - تخدیر - بیهوشی و کما میشود. تنفس بخارات آن ایجاد سرگیجه و احساس خفگی میکند.	فرد مسموم را به هوای آزاد منتقل کرده. در صورت قطع تنفس به او تنفس مصنوعی دهید (دهان به دهان باعث مسمومیت فرد کمک دهنده میشود) در صورتی که تنفس با مشکل انجام میشود به او اکسیژن وصل کرده و اگر بهتر نشد او را به اورژانس برسانید.	در صورتی که غلظت بخارات آن در محیط بعدی است که تنفس ممکن نیست باید از ریسپراتورهای استاندارد برای تامین اکسیژن مورد نیاز استفاده نمود.
<b>اطلاعات آتش نشانی</b>	ظروف نگهداری آن باید در برابر حرارت دارای مقاومت کافی باشد. در مواقع آتش سوزی باید از حفاظت کامل فردی و ریسپراتور تنفسی استاندارد استفاده نمود. بخارات آن حتی در دمای کمتر از نقطه اشتعال هم با هوا مخلوط قابل اشتعال تولید میکند. بخارات آن از سمت ظروف نگهداری میتواند به سمت منبع حرارت حرکت کرده و موجب آتش سوزی در ظروف شوند		
<b>احتیاطات ایمنی و انبار داری</b>	حمل باید در محیطی با تهویه مناسب صورت گیرد. در هنگام جابجایی ظروف محتوی مایع را در جای خود محکم مهار کرده بطوریکه امکان سقوط و ریزش نداشته باشند - از تماس آن با چشم - پوست و لباس جلوگیری کرده - درب ظروف محتوی مایع کاملاً و محکم بسته باشد - از تماس ظروف پر و یا خالی آن با شعله، جرقه و حرارت ممانعت کنید - ظروف محتوی مایع را تحت فشار - برش - جوشکاری - لحیم کاری - چکش کاری و سوراخ کردن قرار ندهید. دور از ترکیبات ناسازگار شامل مواد اکسید کننده - پرکلرات ها - پر اکسیدها - اسید کرومیک و اسید نیتریک نگهداری کنید.		
<b>نظافت محیط آلوده</b>	در هنگام نشت و ریزش از مواد جاذب نظیر ورمیکولیت (نوعی سیلیکاژل - شن و ماسه و خاک برای جمع آوری آن استفاده کنید. بعد از جذب مواد را با ابزار ضد جرقه جمع کرده و به منظور دفع بهداشتی در ظروف مخصوص مواد شیمیایی بریزید. در محل نگهداری آن باید تهویه مناسب موجود باشد.		

## فصل ۳: اصول کلی کار در آزمایشگاه شیمی

### ۳.۱ الزامات عمومی

الف) پوشش مناسب:

۱. روپوش آزمایشگاهی:

- جنس: پنبه ۱۰۰٪ (مقاوم در برابر آتش)
- طول: تا زیر زانو
- آستین: بلند با کشوی مچ
- دکمه: از پایین تا بالا بسته شود

۲. کفش:

- پوشش کامل: جلو و پشت پا
- جنس: چرم یا مواد غیرمتخلخل
- منع: صندل، کفش باز

۳. شلوار:

- جنس: پنبه (نه نایلون یا پلی استر)
- طول: کامل (نه شلوارک)

ب) تجهیزات حفاظت فردی (PPE):

۱. محافظت چشم:

- عینک ایمنی: برای تمام فعالیت‌های معمول
- شیلد صورت: هنگام کار با مواد خورنده، مواد تحت فشار، یا مقادیر زیاد
- عینک مخصوص لیزر: هنگام کار با لیزر

۲. محافظت دست:

نوع دستکش	مقاومت شیمیایی	کاربرد	محدودیت
نیتریل	خوب در برابر حلال‌های آلی، روغن‌ها	کار عمومی، حلال‌ها	نامناسب برای استون، نیتریل‌ها
لاتکس	خوب در برابر مواد آبی، بازها	کار با محلول‌های آبی	خطر آلرژی، ضعیف در برابر حلال‌ها
نیوپرن	عالی در برابر اسیدها، بازها، حلال‌ها	کار با مواد خورنده	گران قیمت
بوتیل	عالی در برابر گازها، استون	کار با گازها، استون	انعطاف کم
PVC	خوب در برابر اسیدها، بازها	کار با اسیدها	ضعیف در برابر حلال‌های آلی

نکته: هیچ دستکشی در برابر همه مواد مقاوم نیست. زمان نفوذ (breakthrough time) را از جدول سازنده بررسی کنید.

### ۳. محافظت تنفسی:

- ماسک N95: برای گرد و غبار، میست‌ها
- ماسک کارتریج دار: برای بخارات شیمیایی
- سیستم هوای تأمین شده: برای محیط‌های با اکسیژن کم یا مواد بسیار سمی

### ۳.۲ رفتارهای ایمن در آزمایشگاه

#### الف) کار با مقادیر کم:

- اصل ALARA: As Low As Reasonably Achievable
- استفاده از میکرو/مینی مقیاس در سنتزها

#### ب) ممنوعیت‌های مطلق:

۱. آشامیدن و خوردن
۲. سیگار کشیدن
۳. استفاده از تلفن همراه (مگر برای موارد اضطراری)
۴. کار انفرادی در ساعات غیراداری (مگر با مجوز کتبی)
۵. استفاده از لوازم آرایشی

#### ج) نظافت و بهداشت:

۱. شستشوی دست: قبل و بعد از کار، بعد از خارج کردن دستکش
  ۲. تمیز کردن میز کار: پس از اتمام هر آزمایش
  ۳. نگهداری وسایل شخصی: در کمد‌های مخصوص
-

## فصل ۴: انبارداری و نگهداری مواد شیمیایی

### ۴.۱ اصول کلی انبارداری

الف) جداسازی بر اساس سازگاری:

مثال فاجعه بار عدم جداسازی:

حادثه دانشگاه تگزاس - ۲۰۱۰

- **مواد:** اسید نیتریک (اکسیدکننده) و استون (ماده قابل اشتعال)
- **حادثه:** نگهداری در یک کابینت بدون جداسازی
- **نتیجه:** واکنش گرمازا، آتش سوزی، تخریب کامل آزمایشگاه

### مواد شیمیایی ناسازگار

خطراتی که از مواجهه با مواد شیمیایی ایجاد می شود را میتوانیم به دو دسته اصلی بهداشتی و فیزیکی تقسیم نماییم. خطرات بهداشتی باعث ایجاد بیماری می شوند اما خطرات فیزیکی به قابل اشتعال بودن، قابل انفجار بودن و یا فعال بودن ترکیبات شیمیایی مربوط می شوند. لذا در نگهداری مواد شیمیایی باید به شرایط محل نگهداری، شیوه مرتب کردن مواد شیمیایی، ظروف نگهداری و نیز برخی توصیه ها توجه کرد. در جدول زیر لیست مواد شیمیایی ناسازگار ذکر شده که در نگهداری و انبارداری این مواد، باید این مهم را (عدم فرارگیری این مواد در کنار هم) رعایت کرد.

به صورت کلی جدول زیر موارد ناسازگار را نشان می دهد.

نتیجه واکنش	مواد ناسازگار	گروه شیمیایی
تولید گاز سمی، گرما	بازها، فلزات فعال، سیانیدها	اسیدهای معدنی
تولید آمونیاک، گرما	اسیدها، نمک های آمونیوم	بازهای قوی
آتش سوزی، انفجار	مواد قابل اشتعال، احیاکننده ها	مواد اکسیدکننده
آتش سوزی	اکسیدکننده ها، اسیدهای قوی	مواد قابل اشتعال
تولید گاز سیانید هیدروژن (HCN)	اسیدها	سیانیدها

نام ماده شیمیایی	ناسازگار با:
اسید استیک	عوامل اکسید کننده : مانند اسید کرمیک - اتیلن گلیکول- اسید نیتریک- پرمنگنات - پراکسیدها - ترکیبات هیدروکسیل دار
استون	اسید سولفوریک و اسید نیتریک غلیظ - سایر عوامل اکسید کننده
فلزات آلكالین	استن- آلدئید -الکها -هالوژنها -دي اکسید کربن -آب -اسیدها - هیدروکربنهای کلردار
فلزات قلیایی و قلیایی خاکی	اسیدهای آلی - دي اکسید کربن -هالوژنها - هیدروکربنهای کلردار
آمونیاک	اسید هیدرو فلوریک -برم - هیپو کلریت کلسیم - ید - کلر - جیوه
نیترات آمونیوم	سولفور- نیتراتها - کلراتها- مایعات قابل اشتعال- پودر فلزات - اسیدها - ترکیبات قابل اشتعال آلی
آنیلین	هیدروژن پراکساید- اسید نیتریک
ترکیبات ارسنیک	عوامل احیاء کننده
آزیدها	اسیدها
برم	مواد فلزی -سدیم -هیدروژن -هیدروکربنها -بوتادین -آمونیاک - استیلن
کلسیم کارباید	الکل- آب
کلسیم اکساید	آب
کربن فعال	هیپو کلریت کلسیم
کلراتها	ترکیبات قابل اشتعال آلی -سولفور-پودر فلزات -اسیدها - نمکهای آمونیوم
اسید کرومیک	عموم مایعات قابل اشتعال -الکل ها -گلیسرین -نفتالین -اسید استیک
دي اکسید کلر	سولفید هیدروژن- فسفین -متان - آمونیاک
مس	پراکسید هیدروژن - استیلن
سیانید	اسیدها و قلیاها
مایعات قابل اشتعال	پراکسید سدیم - اسید نیتریک -هیدروژن پر اکساید -اسید کرومیک -نیترات آمونیوم -هالوژنها
نقره	استیلن -اسیدازلیک -اسیدتارتاریک -ترکیبات آمونیوم - اسیدفولمینیک
سدیم	نترا کلرور کربن - دي اکسید کربن-آب
پودر روی	سولفورها

ب) شرایط نگهداری ویژه:

۱. مواد قابل اشتعال:

- کابینت ضد حریق: با تهویه مناسب
- دمای نگهداری: زیر نقطه اشتعال

- محدودیت مقدار: حداکثر ۱۰ لیتر در هر کابینت

## ۲. اسیدها و بازها:

- کابینت اسید: با سینی مقاوم در برابر اسید
- جداسازی: اسیدها و بازها در قفسه‌های جداگانه
- ارتفاع: در قفسه‌های پایین تر از سطح چشم

## ۳. مواد سمی و سرطان‌زا:

- کابینت قفل‌دار: با کنترل دسترسی
- ثبت مصرف: ثبت مقدار مصرف و مصرف‌کننده
- نگهداری دو کلیدی: دو نفر برای دسترسی

## ۴. گازهای تحت فشار:

- محکم کردن: با زنجیر یا تسمه
- کلاهک سیلندر: همیشه در جای خود (به جز هنگام استفاده)
- برچسب‌گذاری: محتویات و خطرات

## ۴.۲ برچسب‌گذاری

برچسب حداقل باید شامل موارد زیر باشد:

۱. نام ماده (نام علمی و متداول)

۲. تاریخ دریافت

۳. خطرات اصلی (با پیکتوگرام)

۴. اقدامات احتیاطی

۵. نام شخص مسئول

کدگذاری رنگی پیشنهادی:

- قرمز: مواد قابل اشتعال
  - زرد: مواد اکسیدکننده
  - آبی: مواد سمی
  - سفید: مواد خورنده
  - سبز: مواد کم‌خطر
-

## فصل ۵: کار با دسته‌های خاص مواد شیمیایی

### ۵.۱ اسیدها و بازهای قوی

الف) اسیدهای معدنی:

۱. اسید سولفوریک غلیظ (98%  $H_2SO_4$ ):

• **خطرات:** خوردگی شدید، دهیدراته کردن، واکنش گرمازا با آب

• **اقدامات ایمنی:**

- همیشه اسید را به آب اضافه کنید (نه برعکس)
- استفاده از شیلد صورت و پیش‌بند مقاوم در برابر اسید
- نگهداری در ظروف پلی‌اتیلن یا شیشه مقاوم

۲. اسید نیتریک ( $HNO_3$ ):

• **خطرات:** اکسیدکننده قوی، خوردنده، تولید گازهای سمی با فلزات

• **اقدامات ایمنی:**

- کار در هود شیمیایی با تهویه مناسب
- عدم مخلوط کردن با مواد آلی (خطر انفجار)

۳. اسید هیدروفلوئوریک ( $HF$ ):

• **خطرات ویژه:**

- نفوذ سریع از پوست و استخوان
- کاهش کلسیم خون (هیپوکلسمی)
- درد با تأخیر (۱-۲۴ ساعت)

• **اقدامات اضطراری:**

- شستشو با آب به مدت ۱۵ دقیقه
- استفاده از ژل کلسیم گلوکونات
- انتقال فوری به بیمارستان

ب) بازهای قوی:

۱. سدیم هیدروکسید ( $NaOH$ ):

• **خطرات:** خوردگی شدید، واکنش گرمازا با آب

• **اقدامات ایمنی:**

- استفاده از عینک و شیلد صورت
- اضافه کردن تدریجی به آب با همزدن

۲. آمونیاک غلیظ (28%  $NH_4OH$ ):

• **خطرات:** بخارات محرک، خوردگی

**اقدامات ایمنی:**

- کار در هود شیمیایی
- استفاده از ماسک مناسب برای بخارات

## ۵.۲ حلال های آلی

**خطرات مشترک:**

۱. قابلیت اشتعال بالا

۲. سمیت (حاد و مزمن)

۳. تولید بخارات سنگین تر از هوا

**حلال های پر کاربرد و خطرات خاص:**

حلال	نقطه اشتعال (°C)	LD50 (موش)	خطرات ویژه
استون	۱۸-	mg/kg ۵۸۰۰	بسیار قابل اشتعال، خشک کننده پوست
متانول	۱۱	mg/kg ۵۶۰۰	سمیت بینایی، تجمع در بدن
اتانول	۱۳	mg/kg ۷۰۶۰	اعتیاد آور، تداخل دارویی
دی اتیل اتر	۴۵-	mg/kg ۱۲۱۵	تشکیل پراکسیدهای انفجاری
کلروفرم	غیر قابل اشتعال	mg/kg ۹۰۸	سرطان زای احتمالی، سمیت کبدی
بنزن	۱۱-	mg/kg ۹۳۰	سرطان زای قطعی (لوسمی)
تتراهیدروفوران (THF)	۱۴-	mg/kg ۲۸۱۶	تشکیل پراکسید، اثر مخدر

**اقدامات ایمنی برای حلال ها:**

۱. کار در هود شیمیایی: با سرعت وجهی مناسب (۰.۳-۰.۵ m/s)

۲. منابع احتراق: حذف شعله های آشکار، تجهیزات برقی ضد انفجار

۳. ظروف: استفاده از ظروف مقاوم در برابر حلال

۴. دفع: جمع آوری جداگانه، عدم ریختن در سینک

### ۵.۳ مواد اکسید کننده و احیا کننده

الف) مواد اکسید کننده قوی:

۱. پرمنگنات پتاسیم ( $KMnO_4$ ):

- خطرات: اکسید کننده قوی، واکنش انفجاری با گلیسرول، اسید سولفوریک
- اقدامات ایمنی: نگهداری دور از مواد آلی، اسیدها

۲. پراکسید هیدروژن غلیظ ( $H_2O_2 > 30\%$ ):

- خطرات: تجزیه ناگهانی با تولید اکسیژن، واکنش با فلزات انتقالی
- اقدامات ایمنی: نگهداری در یخچال، استفاده از تثبیت کننده

ب) مواد احیا کننده قوی:

۱. هیدرازین ( $N_2H_4$ ):

- خطرات: سرطانزا، قابل اشتعال، سمیت بالا
- اقدامات ایمنی: کار در هود با تهویه قوی، استفاده از سیستم بسته

۲. سدیم بوروهیدرید ( $NaBH_4$ ):

- خطرات: آزادسازی گاز هیدروژن با آب، قابل اشتعال
- اقدامات ایمنی: کار در محیط خشک، اضافه کردن تدریجی به محلول

### ۵.۴ مواد سمی و سرطانزا

الف) مواد سرطانزای قطعی (گروه ۱ IARC):

۱. بنزن ( $C_6H_6$ ):

- سرطان: لوسمی
- جایگزین: تولوئن، زایلن
- حد مجاز مواجهه (TLV): ۰.۵ ppm

۲. فرمالدئید ( $HCHO$ ):

- سرطان: نازوفارنکس، لوسمی
- حد مجاز: ۰.۳ ppm (میانگین وزنی زمانی)

۳. آزبست (الیاف معدنی):

- سرطان: مزوتلیوما، سرطان ریه
- اقدامات: ممنوعیت کامل استفاده

ب) مواد جهش‌زا (موتازن):

۱. اتیدیوم بروماید:

- مکانیسم: اینترکالاسیون در DNA
- جایگزین: GelRed، SYBR Safe
- دفع: فیلتراسیون با کرین فعال، تخریب با هیپوکلریت

۲. آکریل آمید:

- خطرات: نورو توکسیک، سرطان‌زای احتمالی
- اقدامات ایمنی: پلیمریزاسیون قبل از دفع

کنترل مواجهه با مواد سمی:

۱. جایگزینی: استفاده از مواد کم‌خطرتر
  ۲. تهویه: هود شیمیایی با راندمان مناسب
  ۳. PPE: دستکش مناسب، روپوش آزمایشگاهی
  ۴. پایش بیولوژیکی: آزمایش‌های دوره‌ای برای کارکنان
-

## فصل ۶: تجهیزات ایمنی و کار با آنها

### ۶.۱ هود شیمیایی

#### اصول کار با هود:

۱. بررسی عملکرد: قبل از هر استفاده
۲. سرعت و جهی: ۰.۳-۰.۵ متر بر ثانیه (با اندازه گیر بادسنج)
۳. ارتفاع شیشه: حداکثر ۱۵-۱۰ سانتی متر باز باشد
۴. چیدمان مواد: حداقل ۱۵ سانتی متر از لبه داخلی
۵. عدم انسداد: مسیر جریان هوا

#### انواع هود:

##### ۱. هود شیمیایی معمولی:

- کاربرد: مواد شیمیایی معمولی
- تهویه: به بیرون از ساختمان

##### ۲. هود کانالی (Ductless):

- کاربرد: مواد شیمیایی خاص
- فیلتر: فیلتر کربن فعال + HEPA
- محدودیت: نیاز به تعویض فیلتر منظم

##### ۳. هود پرخطر (برای مواد بسیار سمی):

- طراحی: فشار منفی، شیشه ثابت با دستکش های متصل

## ۶.۲ خاموش کننده های آتش

انواع خاموش کننده:

نوع	کاربرد	نحوه عملکرد	منع استفاده
آبی (کلاس A)	جامدات معمولی (چوب، کاغذ)	خنک کردن	تجهیزات برقی، مایعات قابل اشتعال
فوم (کلاس B)	مایعات قابل اشتعال	ایجاد لایه محافظ	تجهیزات برقی تحت ولتاژ
CO <sub>2</sub> (کلاس B, C)	مایعات قابل اشتعال، تجهیزات برقی	خفه کردن آتش	فضای محدود (خطر خفگی)
پودر خشک (ABC)	جامدات، مایعات، گازها، تجهیزات برقی	مهار زنجیره واکنش	تجهیزات حساس (خطر آسیب)
شیمیایی مرطوب (کلاس K)	روغن ها و چربی ها	صابونی سازی	سایر کلاس های آتش

### تکنیک PASS برای استفاده از خاموش کننده:

۱. Pull: کشیدن پین
۲. Aim: هدف گیری پایه آتش
۳. Squeeze: فشار دادن اهرم
۴. Sweep: جارو کردن از پهلو به پهلو

## ۶.۳ دوش و چشم شوی اضطراری

آزمایش منظم:

- دوش اضطراری: هفتگی (ثبت در فرم)
- چشم شوی: ماهانه

زمان شستشو:

- پوست: حداقل ۱۵ دقیقه
- چشم: حداقل ۱۵ دقیقه (پلک ها باز نگه داشته شود)

درجه حرارت آب:

- مطلوب: ۲۵-۱۵ درجه سانتی گراد
- حداکثر: ۳۸ درجه سانتی گراد (برای جلوگیری از آسیب حرارتی)

## ۶.۴ ظروف و تجهیزات

### الف) ظروف شیشه‌ای:

۱. بررسی ترک: قبل از هر استفاده
۲. حرارت‌دهی تدریجی: برای جلوگیری از شکستن حرارتی
۳. استفاده از محافظ: برای ظروف تحت خلأ یا فشار

### ب) دستگاه‌های تحت فشار:

۱. اتوکلاو: آموزش ویژه، استفاده از ظروف مقاوم
۲. راکتورهای فشار بالا: بازرسی دوره‌ای، شیرهای اطمینان
۳. سیلندرهای گاز: محکم کردن با زنجیر

### ج) دستگاه‌های برقی:

۱. اتصال زمین: برای تمام تجهیزات
  ۲. بازرسی سیم‌ها: قبل از هر استفاده
  ۳. استفاده از محافظ برق: برای تجهیزات حساس
-

## فصل ۷: مدیریت پسماندهای شیمیایی

### ۷.۱ طبقه‌بندی پسماندها

#### الف) پسماندهای معمولی:

- کاغذ، پلاستیک غیر آلوده
- شیشه شکسته (در ظروف مخصوص)

#### ب) پسماندهای شیمیایی:

##### ۱. پسماندهای اسیدی:

- جمع‌آوری: در ظروف پلی‌اتیلن مقاوم
- خنثی‌سازی: با باز (در هود شیمیایی)
- pH نهایی: ۶-۹ قبل از دفع

##### ۲. پسماندهای بازی:

- جمع‌آوری: در ظروف پلی‌اتیلن یا شیشه
- خنثی‌سازی: با اسید (در هود شیمیایی)

##### ۳. پسماندهای حلال‌های آلی:

- جداسازی: بر اساس هالوژنه/غیر هالوژنه
- ظروف: فلزی یا پلی‌اتیلن مقاوم
- برچسب: نام حلال، تاریخ، خطرات

##### ۴. پسماندهای سمی/سرطان‌زا:

- جمع‌آوری جداگانه
- ثبت دقیق: نوع ماده، مقدار، تاریخ
- دفع ویژه: توسط شرکت‌های مجاز

##### ۵. پسماندهای اکسیدکننده/احیاکننده:

- جمع‌آوری جداگانه
- عدم مخلوط کردن با سایر مواد

### ۷.۲ اصول جمع‌آوری

۱. عدم مخلوط کردن: پسماندهای ناسازگار
۲. پر نکردن کامل: حداکثر ۹۰٪ حجم ظرف
۳. برچسب‌گذاری: کامل و خوانا

۴. ثبت: در فرم‌های مخصوص

۵. نگهداری: در محل مشخص با تهویه مناسب

### ۲.۳ روش‌های کاهش پسماند

اصل R۳:

۱. Reduce: کاهش تولید در منبع

- کار در مقیاس کوچک
- استفاده از روش‌های میکرو

۲. Reuse: استفاده مجدد

- بازیافت حلال‌ها (تقطیر)
- استفاده مجدد از ظروف

۳. Recycle: بازیافت

- بازیافت فلزات سنگین
- بازیافت حلال‌ها

شیمی سبز (Green Chemistry): راه حل کلیدی برای ایمن سازی

۱. طراحی روش‌های کم‌پسماند

۲. استفاده از کاتالیزورها

۳. حلال‌های سبز (آب، CO<sub>2</sub> فوق بحرانی)

۴. انرژی‌های پاک (مایکروویو، اولتراسوند)

---

## فصل ۸: شرایط اضطراری و کمک‌های اولیه

### ۸.۱ برنامه پاسخ به شرایط اضطراری

الف) آتش‌سوزی:

مراحل RACE:

۱. R - Rescue: نجات افراد در خطر
۲. A - Alarm: فعال کردن آژیر، تماس با ۱۲۵
۳. C - Contain: مهار آتش (در صورت امکان)
۴. E - Extinguish: اطفاء یا تخلیه

نکات مهم:

- اگر آتش بزرگتر از سطل زباله است، تخلیه کنید
- همیشه پشت به در خروج باشید
- از آسانسور استفاده نکنید

ب) نشت مواد شیمیایی:

مراحل کلی:

۱. ارزیابی خطر: نوع ماده، مقدار، مسیر انتشار
۲. ایزوله کردن منطقه: حداقل ۵۰ متر
۳. اطلاع‌رسانی: به مسئولان آزمایشگاه، ایمنی
۴. پاکسازی: توسط افراد آموزش دیده

کیت نشت کوچک:

- جاذب شیمیایی (برای اسید، باز، حلال)
- خاک دیاتومه یا ماسه
- بیلچه و جارو
- دستکش و عینک اضافی

## ۸.۲ کمک‌های اولیه شیمیایی

الف) تماس پوستی:

۱. مواد خورنده:

- شستشو با آب به مدت ۱۵ دقیقه
- برداشتن لباس‌های آلوده
- پوشاندن با گاز استریل

۲. مواد قابل اشتعال:

- توقف شعله (غلطیدن روی زمین)
- استفاده از پتوی آتش‌نشانی
- خنک کردن با آب (بعد از خاموش شدن)

۳. مواد سمی:

- شستشو با آب و صابون
- عدم استفاده از مواد خنثی‌کننده

ب) تماس چشمی:

۱. همه مواد:

- شستشو با آب به مدت ۱۵ دقیقه
- باز نگه داشتن پلک‌ها
- پوشاندن هر دو چشم (حتی اگر یکی آسیب دیده)

۲. مواد خاص:

- اسید هیدروفلوئوریک: شستشو با آب، سپس استفاده از ژل کلسیم گلوکونات
- قلیاها: شستشو طولانی‌تر (۳۰ دقیقه)

### ج) استنشاق:

۱. انتقال فرد به هوای آزاد

۲. دراز کشیدن با پاهای بالاتر

۳. مراقبت از راه هوایی

۴. اکسیژن در صورت نیاز

### د) بلع:

۱. عدم استفراغ: مگر در دستور پزشک

۲. رقیق کردن: با آب یا شیر (برای مواد خورنده)

۳. عدم خنثی سازی: با مواد مخالف

### ۸.۳ کیت کمک‌های اولیه شیمیایی

#### محتوای پیشنهادی:

۱. شستشوی چشم: محلول سالین استریل

۲. شستشوی پوست: محلول‌های شستشوی ویژه

۳. ژل کلسیم گلوکونات: برای HF

۴. آنتی‌دوت‌ها:

• سیانید: کیت سیانید (آمیل نیتريت)

• متانول: اتانول خوراکی

• هپارین: پروتامین سولفات

۵. تجهیزات عمومی: گاز استریل، باند، قیچی، دستکش

---

## فصل ۹: ارزیابی خطر و برنامه‌ریزی آزمایش

### ۹.۱ فرم ارزیابی خطر آزمایش (JSA)

#### Job Safety Analysis - JSA

مرحله آزمایش	خطرات احتمالی	اقدامات کنترلی	مسئول
تهیه محلول اسید	پاشش، تنفس بخارات	هود شیمیایی، عینک، دستکش، پیش‌بند	آزمایشگر
حرارت‌دهی	جوشش ناگهانی، شکستن ظرف	سنگ جوش، حرارت غیرمستقیم، شیلد	آزمایشگر
تقطیر	آتش‌سوزی، نشتی	سیستم بسته، دور از شعله، تهویه	آزمایشگر
دفع پسماند	واکنش ناسازگاری	جداسازی، برچسب‌گذاری، ظروف مناسب	آزمایشگر

### ۹.۲ چک‌لیست ایمنی قبل از آزمایش

#### قبل از شروع:

- SDS مواد مطالعه شده
- ارزیابی خطر انجام شده
- PPE مناسب آماده است
- هود شیمیایی چک شده
- تجهیزات اضطراری در دسترس است
- مسیرهای خروج باز هستند
- تلفن اضطراری در دسترس است

#### در حین آزمایش:

- PPE استفاده می‌شود
- هود به درستی استفاده می‌شود
- مقادیر کم استفاده می‌شود
- منطقه کار تمیز نگه داشته می‌شود

- هیچ کس تنها نیست

### پس از آزمایش:

- مواد اضافی برگردانده شده‌اند
- پسماندها جمع‌آوری و برچسب‌گذاری شده‌اند
- منطقه کار تمیز شده است
- تجهیزات خاموش شده‌اند
- حوادث و نزدیک به حوادث ثبت شده‌اند

### ۹.۳ برنامه نظارت پزشکی

#### معاینه اولیه:

۱. تاریخچه پزشکی: بیماری‌های تنفسی، پوستی، کبدی، کلیوی
۲. معاینه فیزیکی: پوست، چشم، سیستم تنفسی
۳. آزمایش‌های پایه: CBC، LFT، RFT، ادرار

#### معاینه دوره‌ای (بر اساس مواجهه):

- حلال‌ها: هر ۶ ماه (CBC، LFT)
- فلزات سنگین: هر سال (سطح خونی)
- مواد سرطان‌زا: هر ۶ ماه (آزمایش‌های ویژه)

#### پایش بیولوژیکی:

- بنزن: فنول در ادرار
  - سرب: سرب در خون
  - جیوه: جیوه در ادرار
-

## فصل ۱۰: فرهنگ ایمنی و مسئولیت‌های فردی

### ۱۰.۱ سلسله مراتب مسئولیت

#### الف) دانشجو/پژوهشگر:

۱. رعایت مقررات ایمنی
۲. گزارش شرایط نایمن
۳. شرکت در دوره‌های آموزشی
۴. استفاده صحیح از PPE
۵. گزارش حوادث و نزدیک به حوادث

#### ب) استاد راهنما/مسئول آزمایشگاه:

۱. آموزش ایمنی به دانشجویان
۲. تأمین تجهیزات ایمنی تا حد امکان
۳. نظارت بر رعایت مقررات
۴. بررسی حوادث و اقدام اصلاحی
۵. به‌روزرسانی SOPها

#### ج) کمیته ایمنی دانشکده:

۱. تدوین مقررات ایمنی
۲. بازرسی دوره‌ای آزمایشگاه‌ها
۳. بررسی حوادث جدی
۴. تأیید پروتکل‌های پرخطر
۵. سازماندهی آموزش‌ها

### ۱۰.۲ گزارش‌دهی حوادث

#### الف) حادثه (Accident):

- رویدادی که منجر به آسیب شود
- مثال: سوختگی با اسید

#### ب) نزدیک به حادثه (Near Miss):

- رویدادی که می‌توانست منجر به آسیب شود
- مثال: ریختن اسید که به فرد نخورده

#### ج) شرایط نایمن (Unsafe Condition):

- شرایطی که پتانسیل ایجاد حادثه دارد
- مثال: هود معیوب، سیم‌های لخت

#### اهمیت گزارش نزدیک به حوادث:

- نسبت های نریش: برای هر حادثه جدی، ۲۹ حادثه جزئی و ۳۰۰ نزدیک به حادثه وجود دارد
- پیشگیری: شناسایی و اصلاح قبل از وقوع حادثه

### ۱۰.۳ آموزش مستمر

#### دوره‌های اجباری:

۱. ایمنی عمومی آزمایشگاه: سالیانه
۲. ایمنی شیمیایی: هر ۲ سال
۳. ایمنی مواد پرخطر: قبل از شروع کار
۴. کمک‌های اولیه: هر ۲ سال
۵. اطفاء حریق: سالیانه

#### آموزش‌های عملی:

۱. شبیه‌سازی حوادث
  ۲. تمرین تخلیه اضطراری
  ۳. کار با خاموش‌کننده‌ها
-

منابع و استانداردهای معتبر

استانداردهای بین‌المللی:

۱. Medical laboratories — Requirements for safety – **ISO 15190:2020**

۲. Risk management — Guidelines – **ISO 31000:2018**

۳. Standard on Fire Protection for Laboratories Using Chemicals – **NFPA 45**

۴. Occupational Exposure to Hazardous Chemicals in Laboratories – **OSHA 29 CFR 1910.1450**

استانداردهای ملی ایران:

۱. آیین‌نامه ایمنی در آزمایشگاه‌های شیمیایی – وزارت علوم

۲. آیین‌نامه پسماندهای شیمیایی – سازمان حفاظت محیط زیست

۳. مقررات حمل و نقل مواد خطرناک – وزارت راه و ترابری

کتاب‌های مرجع:

۱. National Research Council – **Prudent Practices in the Laboratory**

۲. D. Finster & R. Hill – **Laboratory Safety for Chemistry Students**

۳. **Bretherick's Handbook of Reactive Chemical Hazards**

وبسایت‌های مفید:

۱. **NIOSH** (National Institute for Occupational Safety and Health)

۲. **OSHA** (Occupational Safety and Health Administration)

3. **CDC** (Centers for Disease Control and Prevention)

4. سازمان حفاظت محیط زیست ایران

5. مرکز اطلاعات و کنترل سموم ایران