

## فصل اول

# ایمنی در آزمایشگاه

## ۱-۱ ایمنی از مخاطرات و زیان ها

ایمنی دور بودن از خطر، جراحت یا آسیب و ایمن بودن نیازمند انجام اقداماتی پیشگیرانه از جانب شما یا دیگران است. وقتی که شما تصمیم گرفتید که ایمنی را بعنوان بخشی از فعالیت های آزمایشگاهی خود اتخاذ کنید بدان معنی است که باید کارهایی را انجام دهید که از خطرات و حوادث منجر به جراحت یا آسیب ممانعت به عمل آید. سه عاملی که توسط اهل فن شناسایی شده اند و در بحث ایمنی دخیل هستند عبارتند از:

الف) فاکتورهای زیست محیطی شامل امکانات و تجهیزات، موقعیت، روش ها و استانداردها

ب) فاکتورهای فردی شامل طرز رفتار، عقاید، شخصیت، دانش، مهارت و توانایی ها

ج) فاکتورهای رفتاری شامل تمرین های ایمن و پرخطر

موارد یادشده بر روی یکدیگر تاثیر گذار هستند. به عنوان مثال فرض کنید شما چیزهایی را در محیط اطراف می بینید که ریخته شده اند (یک فاکتور زیست محیطی)، شما فکر می کنید (یک فاکتور فردی) که من نیاز است در خصوص چیزهایی که دیگران روی سکوی آزمایشگاه به جای گذاشته اند بیشتر مراقب باشم. شما یک ظرف شیشه ای شکسته را روی زمین می بینید آن را درون سطل زباله ی مخصوص می اندازید (یک فاکتور رفتاری). ایمن بودن نیازمند توجه به تمامی فاکتورهایی است که تاثیرگذار بر ایمنی شما هستند. اگر آزمایشگاه شما ایمن باشد و شما همکاران خود را به گونه ای مشاهده کنید که بر اساس قوانین ایمنی کار می کنند شما نیز این رویه را اتخاذ خواهید کرد که، ایمنی مقوله ی مهمی در آزمایشگاه است و من نیز باید ایمن باشم.

## ۱-۲ چگونه باید ایمنی را فرا بگیریم؟

ایمنی شامل یکسری نظم و انضباط تجربی است. این بدان معنی است که ما اغلب از یکسری حوادث و اشتباهات گذشته یاد می گیریم که چگونه در آینده ایمنی خود را حفظ کنیم. اگر بنای یادگیری ایمنی فقط بر تجربه گرفتن از اشتباهات گذشته باشد، احتمالاً مدت زیادی زنده نخواهید بود! اغلب ما حاضر نیستیم خطر شخصی آتش، انفجار، مواد سمی و... را تجربه کنیم در عوض باید دستورالعمل های ایمنی را که بر اساس تجربیات دیگران نوشته شده مطالعه و ملاک عمل قرار دهیم. برای آن که در آزمایشگاه یا هر جای دیگر ایمن باشید لازم است چهار مورد زیر را رعایت کنید:

۱- تشخیص خطر<sup>۱</sup>

۲- ارزیابی مخاطرات یا زیان ها<sup>۲</sup>

۳- کم نمودن مخاطرات یا زیان ها<sup>۳</sup>

۴- آماده بودن برای شرایط اضطراری<sup>۴</sup>

عبارت انگلیسی RAMP که مخفف کلمات prepare, minimize, assess, recognize است را برای ساخت جنبه های مختلف ایمنی در نظر داشته باشید.

نظریه دهید در ادامه برخی از مفاهیم اساسی درباره ی مخاطرات و زیان ها را که به تشخیص آنها کمک می کند یا هم مرور کنیم: زیان<sup>۵</sup> منبع بالقوه آسیب یا صدمه است. مواد شیمیایی بسیاری ویژگی های خطرناک تلقی دارند و این خواص هیچگاه تغییر نمی کند لذا ایمنی در جهت کم کردن، مدیریت و کنترل چنین خطراتی است خطر<sup>۶</sup> احتمال به سختی افتادن هنگام مواجهه با مواد زیان آور یا قرارگیری در شرایط غیر مطمئن است. سطح خطر بستگی به چیزهایی دارد که فراتر از زیان ذاتی مواد شیمیایی است. بعنوان مثال مقدار یا حجم ماده ی شیمیایی، حالت فیزیکی (جامد، مایع، گاز) و چگونگی حمل و نقل ماده ی شیمیایی بر میزان خطر آن ماده شیمیایی تاثیر گذار است. در معرض بودن<sup>۷</sup> به معنی در تماس مستقیم بودن با یک زیان یا یک ماده ی شیمیایی به طریقی که موجب جراحت یا آسیب شود. در معرض بودن ممکن است در مواجهه با شعله یا انفجار نیز مطرح باشد. دوز<sup>۸</sup> مقداری از یک ماده شیمیایی است که شما ممکن است خورده باشید، تنفس کرده باشید یا روی پوست شما پاشیده باشد. دوز، مدت در معرض بودن و طریقه ی در معرض قرار گرفتن نقش مهمی را در وسعت آسیب ایفا می کنند. نکته مهمی که باید به خاطر سپرد این است که ما می خواهیم در معرض قرار گرفتن با زیان ها را کم یا حذف کنیم. زیان ها یا مواد زیان آور بخشی از دنیای اطراف ما هستند و ما به طور روزمره از آنها استفاده می کنیم. یک ترکیب ممکن است با در نظر گرفتن برخی ویژگی هایش مفید و با در نظر گرفتن برخی دیگر از آنها، زیان آور تلقی شود لذا حتی با وجود زیان آور بودن یک ترکیب هیچ دلیلی بر عدم استفاده کامل از آن وجود ندارد. در حقیقت زندگی ما و راحتی ما اغلب وابسته به مواد شیمیایی یا وسایلی است که ویژگی های زیان آور هم دارند. مثال عمده ی این بحث بنزین است. بنزین ترکیبی به شدت آتشگیر

<sup>1</sup> recognize

<sup>2</sup> assess

<sup>3</sup> minimize

<sup>4</sup> prepare

<sup>5</sup> hazard

<sup>6</sup> risk

<sup>7</sup> exposure

<sup>8</sup> dose

است که به آسانی نیز می تواند منفجر شود. ما به طور روزمره از بنزین استفاده میکنیم بدون آنکه تجربه ای از تأثیرات نامطلوب آن را مشاهده کنیم چون اولاً خواص زیان آور آن را شناسایی کرده ایم، ثانیاً چگونگی در معرض بودن با آن را ارزیابی کرده ایم، ثالثاً روش هایی را توسعه داده ایم تا به طور موثر خطرات آن را کم کنیم و رابعاً یاد گرفته ایم چگونه برای حمل و نقل اضطراری بنزین تمهیداتی را آماده کنیم.

معادله ی خطر راه مفیدی درباره ی ارزیابی خطرات نشان می دهد. این معادله تلفیقی عددی از طبیعت مخاطره آمیز بودن و احتمال در معرض خطر بودن را نشان می دهد.

شدت (طبیعت) خطر  $\times$  احتمال در معرض خطر قرار گرفتن = معادله خطر

برای اینکه اختلاف دو ضریب معادله ی بالا را بهتر متوجه شوید به مثال زیر دقت کنید:

یک ویال حاوی ماده ی شیمیایی بسیار سمی که در زیر هود و در جای ثابت قرار دارد و درب آن محکم بسته شده دارای احتمال در معرض خطر قرار دادن بسیار کمی دارد ولی از آنجا که دارای ماده ی بسیار سمی است، شدت خطر بالایی دارد. اغلب تا آنجا که میسر است شدت خطر و احتمال آن را کاهش دهید مثلاً اگر امکان پذیر باشد در یک آزمون از حلال غیرآتشگیر به جای حلال آتشگیر استفاده کنید یا مقدار ماده ای که جابه جا می کنید را به حداقل برسانید یا برخی اوقات ممکن است حذف منبع شعله وقتی از حلال های آتشگیر استفاده می کنید گزینه ی معقولی باشد. ارزیابی خطر می تواند در دسته بندی چهار قسمتی قرار بگیرد:

- ۱- خطر بی نهایت: در نتیجه ی این نوع خطر مرگ و میر رخ خواهد داد. آسیب به فضاهای محیطی عمدتاً ویرانگر است. شما به هیچ وجه نباید کارهایی که دارای خطر بی نهایت هستند بدون انجام مراحل محکم ایمنی انجام دهید.
- ۲- خطر بالا: جراحات جدی که شاید منجر به مرگ شود. آسیب به امکانات جدی خواهد بود. شما نباید به هیچ عنوان این نوع خطرات را دست کم بگیرید و همواره ایمنی را به طور کامل رعایت نمایید.
- ۳- خطر متوسط: گاهی ممکن است جراحات جدی ایجاد شود. خطر عمدتاً محدود به یک بخش یا فضای آزمایشگاه می باشد. پس از آنکه اقدامات ایمنی بعدی را در نظر گرفتید شروع به کار نمایید.
- ۴- خطر کم: فقط جراحات خفیف می تواند رخ دهد. بهتر است کمک های اولیه در دسترس بوده و از روش های مختلف برای کم کردن خطر بهره جست.



یک مثال از ارزیابی خطر و مدیریت آن می تواند به صورت زیر باشد:

حادثه	شدت خطر	احتمال خطر	استراتژی مدیریت خطر
پاشیدن سولفوریک اسید بر روی پوست	متوسط	امکان پذیر	پوشیدن دستکش مخصوص، زدن عینک ایمنی، پوشیدن روپوش
استنشاق بخارات سولفوریک اسید	بالا	خیلی ممکن	کار کردن زیر هود، استفاده از ماسک

جهت کم نمودن مخاطره و آمادگی برای شرایط اضطراری یکسری قواعد کلی ایمنی را باید در آزمایشگاه رعایت کرد. این قواعد شامل موارد زیر هستند:

- ۱) رعایت طهارت باطنی از عوامل فرا مادی در جهت کم نمودن خطر و مدیریت شرایط اضطراری است.
- ۲) از دستورات و ارشادات ایمنی در آزمایشگاه تبعیت کنید.
- ۳) همیشه هنگام کار در آزمایشگاه عینک ایمنی بر چشم داشته باشید.
- ۴) پوشش مناسب، به گونه ای که در برابر پاشیده شدن مواد شیمیایی شما را محافظت کند، بر تن داشته باشید و از دستکش مقاوم هنگام کار با آنها استفاده کنید.
- ۵) هرگونه خوردن، آشامیدن، سیگار کشیدن، آدامس جویدن و به کار بردن لوازم آرایشی (حتی لنز های جسی) در آزمایشگاه ممنوع می باشد.
- ۶) هنگام استفاده از مواد شیمیایی فرار، مایعات یا گازهای آتشگیر و... حتما از هود شیمیایی استفاده کنید.
- ۷) در آزمایشگاه مودبانه رفتار کنید، از گفتن شوخی و جوک بپرهیزید و از لوازم موسیقی استفاده نکنید.
- ۸) هیچگاه مواد شیمیایی را نخشید. وقتی میخواهید یک ماده ی شیمیایی را بو کنید از فاصله ی کافی و با حرکت دست بو را به سمت بینی خود ببرید و هرگز مواد شیمیایی را مستقیما بو نکشید.
- ۹) اگر مواد شیمیایی به چشم یا پوست شما پاشید به سرعت توسط آب فراوان بشوئید و به دستورات ایمنی قرداد مجرب توجه داشته باشید.
- ۱۰) تنها در آزمایشگاه کار نکنید.
- ۱۱) ضایعات مواد شیمیایی را در ظرف های مجزا و مناسب بریزید.
- ۱۲) مایعات آتشگیر را با چراغ بونزن یا آتش مستقیم، هیچ گاه حرارت ندهید و در صورت بروز هرگونه آتش سوزی از کپسول اطفاء حریق مخصوص استفاده نمایید.
- ۱۳) همه ی ظروف و مواد شیمیایی را از هر نوعی که باشند با برچسب نشاندار کنید.

توجه کنید که آزمایشگاه مکان بالقوه بروز خطر است. اگر با وجود رعایت موارد فوق حادثه ای رخ داد: ۱. خدائوند استمداد بطلبید و آرامش خود را حفظ کنید. ۲. با توجه به آموزش هایی که دیده اید سعی در کم کردن خطر کنید. ۳. اگر گمان می کنید با وجود اقدامات قبلی شما، محیط همچنان نا امن است، آن جا را ترک کنید. ۴. زنگ هشدار را فشار دهید. ۵. با شماره تلفن اضطراری (اورژانس) جهت کمک تماس حاصل کنید.

۶. مکان های محافظت شده درون ساختمان خود را در ذهن داشته باشید. ۷. به اشخاص صدمه دیده کمک کنید.

### ۱-۳ اقدامات فوری ایمنی در آزمایشگاه

#### کمک های اولیه

هنگام انجام کار در آزمایشگاه به علت آن که یک محیط پرخطر محسوب می شود، ممکن است حوادث غیر قابل پیش بینی اتفاق بیفتند. آگاهی از نحوه ی انجام کمک های اولیه موجب کاهش صدمات به خود و دیگران خواهد شد. در ادامه اجمالاً نحوه ی برخورد با انواع مخاطرات رایج در آزمایشگاه و کمک های اولیه هر یک مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

#### تنفس گازها و بخارها

گازها و بخارها به علت تحت تاثیر قرار دادن شش ها یا فقدان اکسیژن موجب مشکلات تنفسی می شوند. موضوع مهم این است که باید فوراً مصدوم را به محیطی با هوای تازه منتقل کرد. اهمیت هوای تازه علاوه بر مصدوم برای شما به عنوان فرد کمک کننده نیز هست، چرا که تبدیل به قربانی ثانوی نشوید! سپس فوراً با شماره های اضطراری تماس گرفته و در صورت آشنایی با احیای قلبی ریوی فرد مصدوم یا اصطلاحاً CPR<sup>۱</sup> آن را به کار بگیرید. CPR یک مانور حیات بخش می باشد که به کمک آن تنفس و گردش خون فرد آسیب دیده حفظ می شود تا از نرسیدن مواد غذایی و اکسیژن به مغز او و مرگ مغزی در فرد جلوگیری به عمل آید.

#### پاشیده شدن مواد شیمیایی بر روی پوست یا به چشم

در تمامی موارد شستشوی چشم یا پوست با مقدار فراوان آب به مدت ۱۵ دقیقه توصیه می شود که بدین منظور معمولاً از دوش ها و چشم شوی های اضطراری نصب شده در آزمایشگاه استفاده می گردد.

#### سوختگی

مواجهه با سوختگی باید با سرعت و دقت انجام شود. ابتدا باید منبع حرارت را در صورت امکان از بین برد یا مصدوم را با احتیاط از آنجا دور کرد، سپس لباس ها و جواهرات را با احتیاط خارج نمود. اگر لباس ها سوخته یا به پوست چسبیده بود، هیچگاه آن ها را خارج نکنید. برای سوختگی هایی که تاول ایجاد نکرده اند، از آب جهت خنک کردن موضع استفاده نمایید، ولی دقت داشته باشید که سر و بالا تنه را به مدت طولانی خنک نکنید چرا که منجر به بی حالی و کرختی می شود. استفاده از آب غیر استریل بر روی تاول های باز موجب

<sup>۱</sup> cardiopulmonary resuscitation

عقونی شدن آنها خواهد شد. هیچ گونه روغن، کرم یا مرهم را جهت سوختگی های شدید استفاده نکنید و در این مواقع حتما با شماره های اضطراری تماس بگیرید.

### شوک الکتریکی

هیچ شانس برای زنده ماندن شخصی که به طور پیوسته در معرض جریان الکتریکی قوی قرار گرفته است وجود ندارد لذا کام اول جدا کردن مصدوم از منبع الکتریسیته است، به گونه ای که خودتان در معرض خطر قرار نگیرید. گام بعدی چک کردن تنفس و ضربان قلب است. ممکن است در این حالت احیای CPR لازم باشد.

### تماس با سرمای شدید

در آزمایشگاه ممکن است مصدومیت بر اثر تماس با نیتروژن مایع یا یخ خشک به وجود آید. در این حالت ابتدا این عوامل را از مصدوم دور کنید و موضع را در صورتی که جراحت باز وجود ندارد با آب ولرم به آرامی گرم کنید هیچ گاه برای گرم کردن موضع را ماساژ ندهید.

### بریدگی ها

در این حالت اندازه ی بریدگی اهمیت دارد. در بریدگی های بزرگ خونریزی شدید ممکن است باعث شوک شدید تا آنجایی که ممکن است با استفاده از پارچه های استریل مانع از خونریزی شوید و سعی کنید مصدوم را تا رسیدن اورژانس گرم نگه داشته و پاهای آن را بالاتر از سطح بدن قرار دهید.

### مصدومیت های تروما

تشنج یا افتادن از یک ارتفاع ممکن است موجب تروما یا شکستگی استخوان ها شود. سعی کنید در این حالت مصدوم را حرکت ندهید چرا که احتمال آسیب دیدن نخاع زیاد است. سر و گردن را ثابت نگه دارید، استخوان های شکسته را با آتل در جای خود ثابت کنید و در مصدومیت های تروما حتما با شماره های اضطراری تماس بگیرید.

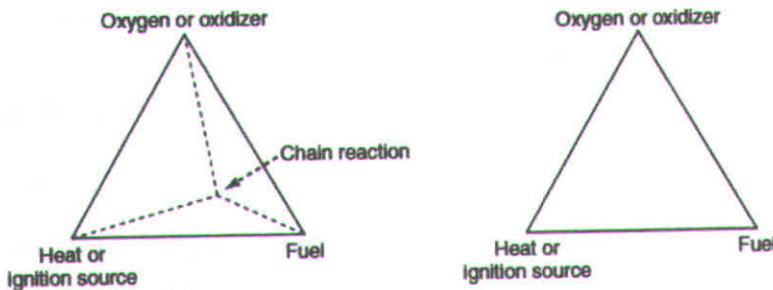
به طور خلاصه برای یک اقدام مناسب در کمک های اولیه موارد زیر را در نظر بگیرید:

- ✓ حضور هرگونه خطر در محیط را پیش از آن که اقدام به کمک نمایید بررسی کنید.
- ✓ نوع مصدومیت را ارزیابی کنید.
- ✓ یا تماس جهت درخواست کمک، خطرهای پیش رو را به حداقل برسانید.
- ✓ دوره های آموزش لازم جهت کمک های اولیه را بگذرانید و ملزومات آن را تهیه کنید.

## ۱-۴ آتش سوزی

## مثلث آتش

برای آنکه آتش سوزی اتفاق بیفتد، وجود سه عنصر اکسیژن، سوخت و حرارت ضروری است. جهت جلوگیری از آتش سوزی باید حتی الامکان این سه جزء را از هم جدا نگه داشت. اگر دقیق تر مکانیزم آتش سوزی مورد بررسی قرار بگیرد، معمولاً جزء چهارمی نیز افزوده می شود که شامل واکنش زنجیره ای است، لذا مثلث آتش گاهی با در نظر گرفتن واکنش زنجیره ای به صورت منشور چهار وجهی نشان داده می شود. وجود واکنش های زنجیره ای آنجا اهمیت دارد که برخی از آتش ها به گونه ای هستند که علی رغم جدا کردن سه جزء اکسیژن، حرارت و سوخت باز نیز ممکن است از طریق واکنش های رادیکالی، سوختن ادامه پیدا کند.



شکل ۱-۱ مثلث و منشور چهار وجهی حریق

انواع آتش سوزی که ممکن است در آزمایشگاه رخ دهد در چهار گروه A تا D دسته بندی می شوند.

گروه	شرح	مثال
A	آتش های حاصل از سوختن مواد رایج	کاغذ، چوب، لباس، پلاستیک و...
B	آتش های حاصل از مایعات اشتعال پذیر	اتر، هگزان، بنزین و...
C	آتش های حاصل از جریان الکتریسیته	هات پلیت، یو پی اس و ...
D	آتش های حاصل از فعل و انفعال مواد واکنش پذیر	سدیم، پرکلرات ها و ...

اغلب آتش هایی که مردم در غیر از فضای آزمایشگاه نیز با آن مواجه می شوند، در گروه A طبقه بندی می گردند. آتش سوزیهایی مثل آتش سوزی جنگل، وسایل خانه و ... که اغلب با استفاده از آب خاموش می شوند، از نوع A هستند. در مکان هایی مانند آزمایشگاه از آب به دلیل وجود تجهیزات برقی و نیز مواد شیمیایی به عنوان خاموش کننده ی آتش استفاده نمی شود. آتش نوع B مربوط به سوختن ترکیبات آلی است. تلاش برای خاموش کردن این نوع آتش توسط آب اغلب نتیجه ی معکوس خواهد داد، چون مایعات آلی اغلب



سیک تر از آب هستند. گروه C آتش سوزی شامل هر نوع آتش (A یا B) که شامل وجود انرژی الکتریکی باشد. آتش سوزی نوع D هنگامی به وقوع می پیوندد که فلزات خیلی داغ مثل آلومینیوم یا منیزیم یا فلزات فعال مثل لیتیوم منجر به آن شده است. کلاس D را اغلب آتش سوزی ناشی از فلزات فعال می نامند.

جدول زیر انواع خاموش کننده های آتش را بر اساس نوع آتش نشان می دهد.

نوع خاموش کننده	D	C	B	A	توضیحات
آب تحت فشار				*	سیلندر نقره ای یا آبی رنگ. چندان در آزمایشگاه معمول نیست.
دی اکسید کربن			*	*	سیلندر قرمز رنگ بدون گیج فشار
پودر شیمیایی BC		*	*		سیلندر قرمز رنگ دارای گیج فشار
پودر شیمیایی ABC		*	*	*	سیلندر قرمز رنگ دارای گیج فشار
پودر کلاس D	*				به طور معمول سطل شن

پودر شیمیایی که در خاموش کننده ها مورد استفاده قرار می گیرد اغلب مخلوطی با نسبت مشخص از آمونیم سولفات و مونو آمونیم فسفات است. اینگونه مواد بدین شکل عمل می کنند که با تشکیل لایه ای بر روی سطح مایع قابل اشتعال مانع از تبخیر آن می شوند. همچنین این لایه مانع از رسیدن اکسیژن نیز خواهد شد در نظر داشته باشید اگر از خاموش کننده های پودر شیمیایی بر روی ادوات الکترونیکی استفاده کنید، موجب صدمات جدی به آن ها خواهد شد.

### ۱-۵ مواد شیمیایی ریخته شده

- **ظهور کلی هنگام مواجهه با مواد شیمیایی ریخته شده، چهار نکته را باید دقت داشت:**
- **تخلیه محیط آلوده:** بر اساس مقدار ماده ی شیمیایی ریخته شده یا بر اساس خطر آن شاید لازم باشد فوراً محیط کار تخلیه شود.
- **برقراری ارتباط:** لازم است به دیگران درباره ی خطر اطلاع دهید و اگر درباره ی طبیعت ماده اطلاعی دارید عمل مناسب را اتخاذ نمایید.
- **محصور کردن:** ماده ی شیمیایی ریخته شده را با استفاده از شن یا سایر مواد مناسب محصور یا محدود کنید.
- **از بین بردن:** در برخی شرایط می توانید در فرآیند پاک کردن آلودگی مشارکت کنید. اگر خواستید در پاک کردن آلودگی ناشی از مواد شیمیایی ریخته شده همکاری کنید حداقل پوشش ایمنی شامل روپوش مناسب، دستکش، عینک و ماسک را استفاده نمایید.



## اسیدها و بازها

از آنجایی که این مواد به مقدار زیادی در آزمایشگاه استفاده می شوند استفاده از عوامل خنثی کننده مناسب که با آنها بتوان اسیدها یا بازهای ریخته شده بر روی زمین یا سطوح را پاک نمود ضروری است. به منظور خنثی کردن اسیدها می توان از محلول سدیم بی کربنات یا عوامل خنثی کننده تجاری دیگر استفاده کرد. برای تمیز کردن باقی مانده ی اسیدهای خیلی واکنش پذیر مانند هیدروفلوئوریک اسید، هیدروکلریک اسید، سولفوریک اسید، پرکلریک اسید، نیتریک اسید و نیز سایر پراکسی اسیدها احتیاط بیشتری بکار ببرید. برای خنثی کردن بازها می توان از نیتریک اسید رقیق یا سایر مواد خنثی کننده ی تجاری استفاده کرد.

## حلال ها و مایعات آتشگیر

برای پاک کردن باقی مانده ی مواد فوق از موادی مانند کربن فعال یا جاذب های تجاری مانند chemisorb می توان استفاده کرد.

## توکسین ها

استاندارد سموم قارچی خطرناکی مانند آفاتوکسین ها یا اکراتوکسین و نیز سایر سموم قارچی ممکن است در آزمایشگاه وجود داشته باشد. در صورت ریخته شدن آنها بر روی سطوح یا برای تمیز کردن ظروف محتوی آنها می توان از پتاسیم پرمنگنات در محلول 2M سدیم هیدروکسید یا محلول ۵.۲۵٪ سدیم هیپوکلریت و متعاقباً افزایش استن استفاده نمود.

## محلول های استاندارد فلزات سنگین

تمامی استانداردهای حاوی فلزات سنگین در صورت بلعیده شدن سمی هستند و برخی نیز مانند ترکیبات نقره می توانند سبب آسیب رساندن به پوست نیز شوند، لذا نحوه ی امحاء این مواد باید فرا گرفته شود. یون های فلزی با بار مثبت در محلول های 1000 ppm را میتوان توسط رزین های تبادل کاتیون حذف کرد. همچنین می توان از جاذب های تجاری مانند amberlite IR 120 plus یا dowex 50x8 100 استفاده نمود. محلول های دارای گونه های بار منفی مانند فسفومولیبدیک اسید را می توان با استفاده از رزین های تبادل آنیون حذف کرد همچنین برای این دسته از مواد نیز می توان از جاذب های تجاری مانند amberlite IRA-400 c1 یا dowex 1x8-50 استفاده نمود.

در نهایت برای پاک کردن آلودگی های شیمیایی موجود در آزمایشگاه موارد زیر را در نظر بگیرید:

✓ ریخته شدن مواد شیمیایی بر روی سطح خطرناک است لذا انجام اقدام مناسب ضروری است.

- ✓ مقدار ماده ی ریخته شده یا طبیعت آن را در نظر داشته باشید چون در تعیین این نکته که آیا به تنهایی میتوانید آن ها را تمیز کنید یا باید از افراد متخصص کمک بگیرید ضرورت دارد.
- ✓ تاثیر مواد ریخته شده را با استفاده از جعبه ای حاوی مواد خنثی کننده برای هرگونه ماده ی شیمیایی خاص به حداقل برسانید.
- ✓ خود را برای نحوه ی مواجهه با مواد شیمیایی ریخته شده و پاک کردن آنها آماده نگه دارید.

### ۱-۶ نشانه ها و علائم ایمنی

برجسب هایی که بر روی ماده ی شیمیایی درج می شوند شامل الگوها یا نشانه هایی در خصوص طبقه بندی خطرات هستند. این سیستم رتبه بندی اغلب خیلی مفید است چون می تواند در خصوص اهمیت خطر مواد شیمیایی شما را مطلع کند. برخی سازندگان مواد شیمیایی سیستم های اختصاصی خود را دارند که آن ها را بر روی بطری های مواد شیمیایی مشاهده می کنید. مشهورترین سیستم طبقه بندی خطر مواد شیمیایی توسط انجمن ملی حفاظت آتش ایالات متحده ی آمریکا<sup>۱</sup> ارائه شده که به لوزی NFPA شهرت دارد. لوزی شامل قسمت های رنگی است که سه نوع خطر را هم زمان نشان داده و طبقه بندی می کند. لوزی بزرگ به چهار لوزی کوچکتر تقسیم می شود که هر کدام دارای رنگ به خصوصی است. اگر لوزی بزرگ را به مثابه یک ساعت در نظر بگیرید در ساعت ۹ رنگ آبی قرار دارد که نشانگر زبان های مربوط به سلامت است. در ساعت ۱۲ رنگ قرمز وجود دارد که نشانگر آتشگیر بودن است. در ساعت ۳ رنگ زرد وجود دارد که نشانگر ناپایداری ماده می باشد. در ساعت ۶ نیز رنگ سفید قرار دارد که ویژگی های زبان آور ویژه را نشان می دهد. ۳ رنگ از چهار رنگ لوزی شامل آبی، قرمز و زرد توسط اعداد ۰ تا ۴ درجه بندی می شوند که ۰ بیانگر بی خطری، در حالی که ۴ بیانگر خطر شدید است. رنگ سفید شامل سه علامت OX به معنی اکسند، SA به معنی خفه کننده و W یعنی عدم استفاده از آب.

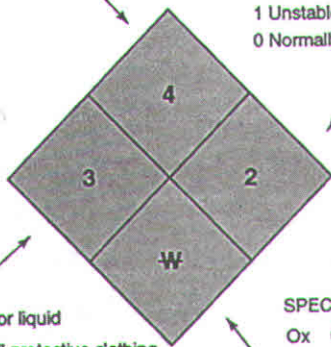
<sup>1</sup> national fire protection association (NFPA)

**FLAMMABLE (Red diamond)**

- 4 Extremely flammable
- 3 Ignites at normal temperatures
- 2 Ignites when moderately heated
- 1 Must be preheated to burn
- 0 Will not burn

**INSTABILITY (Yellow diamond)**

- 4 May detonate – Vacate area if materials are exposed to fire
- 3 Strong shock or heat may detonate – Use monitors from behind explosive resistant barriers
- 2 Violent chemical change possible – Use hose streams from distance
- 1 Unstable if heated – Use normal precautions
- 0 Normally stable

**HEALTH (Blue diamond)**

- 4 Too dangerous to enter vapor or liquid
- 3 Extremely dangerous – Use full protective clothing
- 2 Hazardous – Use breathing apparatus
- 1 Slightly hazardous
- 0 Like ordinary material

**SPECIAL HAZARD (White diamond)**

- Ox Oxidizer
- W Use NO Water
- SA Simple asphyxiant

شکل ۱-۲ لوزی NFPA - مفاهیم حروف و اعداد آن

اخیرا سیستم یکپارچه ی جهانی برای طبقه بندی و برچسب گذاری مواد شیمیایی<sup>۱</sup> در کنفرانس محیط زیست و پیشرفت که توسط سازمان ملل برگزار شد به جهت یکسان سازی نحوه ی نشانه گذاری علائم ایمنی مواد شیمیایی بین کشورها پیشنهاد گردیده است. اولین ویرایش GHS در سال ۲۰۰۳ منتشر شد. GHS یک سیستم بین المللی و دارای استاندارد برچسب گذاری برای مواد شیمیایی، پروتکل هایی برای تعیین میزان خطر مواد شیمیایی و اطلاعات ایمنی شبیه به آنچه که در برگه های ایمنی مواد<sup>۲</sup> دیده می شود. پیوستن کشورها به GHS داوطلبانه است و تاکنون ۶۸ کشور به این سیستم پیوسته اند. برای کشورهایی که سیستم GHS را پذیرفته اند حمل و نقل و جابه جایی مواد شیمیایی با سهولت و به صورت قابل شناسایی انجام پذیر است. سیستم GHS شامل زبان های فیزیکی، سلامتی و زیست محیطی است. هر زبان نیز دارای یک سیستم رتبه بندی منحصر به فرد شامل اعداد و حروف یا دیگر توضیحات است. در هر گروه خطرناک ترین ماده ی شیمیایی با اولین حروف انگلیسی (مانند a) و کم خطرترین ماده ی شیمیایی بالاترین شماره ی عددی و متعاقب آن حروف نشانه گذاری می شود. به طور کلی می توان گفت اگر شما یک عدد کوچک یا یک حرف آغازین الفبای انگلیسی را مشاهده کردید، این نشان دهنده ی ماده

<sup>1</sup> globally harmonized system (GHS)

<sup>2</sup> material safety data sheets (MSDS)

شیمیایی بسیار زیان آور است. در GHS یک قالب بندی روشن برای برچسب گذاری مواد شیمیایی استاندارد شده است. هر برچسب ماده ی شیمیایی شامل شناسه محصول، سمبل، عبارت نشانگر، بیان چگونگی ضرر و اطلاعاتی در خصوص تولید کننده یا عرضه کننده ی مواد شیمیایی است. در سیستم GHS از ۹ سمبل، ۳ عبارت نشانگر شامل کلمات "خطر" یا "هشدار" جهت تاکید بیشتر و برخی جمله ها در بیان چگونگی ضرر شامل عباراتی مثل "ممکن است سبب تحریک تنفسی شود" استفاده شده است.



خطر برای محیط زیست



آتشگیر



هشدار



سیلندر گاز



اکسید کننده



خورنده



سمی



خطر برای سلامتی



قابل انفجار

شکل ۱-۳ علائم هشدار در سیستم GHS

#### برگه های اطلاعات ایمنی مواد (MSDS)

اگر شما بخواهید خطر یک ماده ی شیمیایی و نحوه ی برخورد با آنها را بدانید یکی از منابع، برگه های اطلاعات ایمنی مواد یا MSDS هستند. این برگه ها توسط سازندگان مواد شیمیایی تهیه شده و مربوط به خصوصیات یک ماده ی شیمیایی و اقدامات خاص یا به بیان دیگر شناسنامه ایمنی آن ماده است. در سال



۱۹۸۰ اداره ای ایمنی و سلامت شغلی آمریکا<sup>۱</sup> قانونی را ابلاغ کرد که به موجب آن همه ی تولید کنندگان مواد شیمیایی باید برگی ای ایمنی مواد شیمیایی را به خریداران ارائه کنند. برخی از MSDS ثبت شده قدمتی بیش از ۴۰۰۰ سال دارند که در معابد مصر باستان و با خط هیروگلیف بر روی پاپيروس ثبت شده است! امروزه شما می توانید به راحتی MSDS را در سایت های بی شماری بر روی اینترنت پیدا کنید. بر اساس قالب بندی موسسه ملی استاندارد آمریکا<sup>۲</sup> هر MSDS شامل ۱۶ دسته بندی درمورد ویژگی هر ماده ای شیمیایی است. این ویژگی ها شامل موارد زیر است:

- ۱- تعیین هویت ماده ی شیمیایی
- ۲- زبان ها
- ۳- اطلاعاتی در خصوص اجزای سازنده
- ۴- اقدامات و کمک های اولیه
- ۵- اطلاعات اطفاء حریق
- ۶- اقداماتی در خصوص مقابله با ریخته شدن مواد شیمیایی
- ۷- جابه جایی و نگه داری
- ۸- حفاظت شخصی
- ۹- ویژگی های فیزیکی و شیمیایی
- ۱۰- پایداری و واکنش پذیری
- ۱۱- اطلاعات سم شناسی
- ۱۲- اطلاعات زیست محیطی
- ۱۳- روش های معدوم کردن
- ۱۴- اطلاعات ترابری
- ۱۵- اطلاعات قانونی
- ۱۶- سایر اطلاعات

لازم به ذکر است بر اساس سیستم بین المللی GHS، برگی های ایمنی مواد با نام SDS شناخته می شوند و اطلاعات موجود در آن قابلیت پذیرش بین المللی دارد در حالی که هیچ قانونی برای صحت و سقم اطلاعات موجود در سیستم آمریکایی MSDS وجود ندارد ولی به علت سهولت دسترسی و سابقه ای کمپانی های سازنده ای مواد شیمیایی معمولاً به آنها اعتماد می شود.

#### اطلاعات برگی های ایمنی مواد را از کجا بدست بیاوریم؟

یکی از راحت ترین روش ها برای بدست آوردن اطلاعات ایمنی مواد شیمیایی استفاده از اینترنت است. اگر به دنبال اطلاعات کلی در خصوص مواد شیمیایی هستید جستجوی نام آن ماده در وب سایت ویکی پدیا معمولاً نتیجه بخش است. همچنان که درج نام ماده شیمیایی و کلمه ای MSDS در موتورهای جستجو شما را به برگی های ایمنی متعددی از آن ماده ای شیمیایی خواهد رساند.

اگر بخواهید به صورت دقیق تر یک MSDS را جستجو کنید می توانید از پایگاه های داده خاص این کار استفاده کنید. تعدادی از این پایگاه های داده به همراه نشانی اینترنتی آنها در صفحه بعد لیست شده اند:

<sup>1</sup> occupational safety and health administration (OSHA)

<sup>2</sup> american national standards institute (ANSI)



<http://www.sciencelab.com/msdlist.php>

<http://www.sigmaaldrich.com/safety-center.html>

<http://ccinfoweb.ccohs.ca/msds/search.html>

<http://www.merckmillipore.com/intl/en>



**Science Lab.com**  
Chemicals & Laboratory Equipment



## Material Safety Data Sheet Hydrochloric acid MSDS

### Section 1: Chemical Product and Company Identification

<b>Product Name:</b> Hydrochloric acid	<b>Contact Information:</b>
<b>Catalog Codes:</b> SLH1462, SLH3154	Sciencelab.com, Inc. 14025 Smith Rd. Houston, Texas 77396
<b>CAS#:</b> Mixture.	US Sales: 1-800-901-7247 International Sales: 1-281-441-4400
<b>RETECS:</b> MW4025000	Order Online: ScienceLab.com
<b>TSCA:</b> TSCA 8(b) inventory: Hydrochloric acid	<b>CHEMTREC (24HR Emergency Telephone), call:</b> 1-800-424-9300
<b>CI#:</b> Not applicable.	<b>International CHEMTREC, call:</b> 1-703-527-3887
<b>Synonym:</b> Hydrochloric Acid; Muriatic Acid	<b>For non-emergency assistance, call:</b> 1-281-441-4400
<b>Chemical Name:</b> Not applicable.	
<b>Chemical Formula:</b> Not applicable.	

### Section 2: Composition and Information on Ingredients

#### Composition:

Name	CAS #	% by Weight
Hydrogen chloride	7647-01-0	20-38
Water	7732-18-5	62-80

**Toxicological Data on Ingredients:** Hydrogen chloride: GAS (LC50): Acute: 4701 ppm 0.5 hours [Rat].

### Section 3: Hazards Identification

#### Potential Acute Health Effects:

Very hazardous in case of skin contact (corrosive, irritant, permeator), of eye contact (irritant, corrosive), of ingestion, . Slightly hazardous in case of inhalation (lung sensitizer). Non-corrosive for lungs. Liquid or spray mist may produce tissue damage particularly on mucous membranes of eyes, mouth and respiratory tract. Skin contact may produce burns. Inhalation of the spray mist may produce severe irritation of respiratory tract, characterized by coughing, choking, or shortness of breath. Severe over-exposure can result in death. Inflammation of the eye is characterized by redness, watering, and itching. Skin inflammation is characterized by itching, scaling, reddening, or, occasionally, blistering.

#### Potential Chronic Health Effects:

Slightly hazardous in case of skin contact (sensitizer). **CARCINOGENIC EFFECTS:** Classified 3 (Not classifiable for human.) by IARC [Hydrochloric acid]. **MUTAGENIC EFFECTS:** Not available. **TERATOGENIC EFFECTS:** Not available. **DEVELOPMENTAL TOXICITY:** Not available. The substance may be toxic to kidneys, liver, mucous membranes, upper respiratory tract, skin, eyes, Circulatory System, teeth. Repeated or prolonged exposure to the substance can produce target

شکل ۱-۴ نمونه صفحه اول یک برگه ایمنی مواد (MSDS)

## ۷-۱ شناخت انواع مواد خطرناک در آزمایشگاه

## مواد خورنده

مواد خورنده دسته ترکیباتی در آزمایشگاه هستند که باعث آسیب یا جراحت با از بین بردن بافت های بدن از قبیل چشم ها، سیستم تنفسی یا پوست می شوند. اغلب مواد خورنده از قبیل اسیدها و بازها در حالت محلول و چه به صورت جامد موجب سوختگی شدید می شوند. هنگامی که از این مواد استفاده می شود، کم کردن میزان تماس آنها با بدن بسیار مهم است. به عنوان مثال پوشیدن عینک محافظ آزمایشگاهی، دستکش، روپوش و شلوار بلند می تواند از این گزینه ها باشد. اگر مواد خورنده به شکل پودر یا در حالت گازی باشند از آنجا که ممکن است موجب آسیب به سیستم تنفسی شوند، باید در زیر هود شیمیایی به کار گرفته شوند.

تعدادی از عوامل خورنده در جدول لیست شده اند:

عوامل اکسنده	گازها	بازها	اسیدها
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NaOH	HCl
KMnO <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub>	KOH	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
HNO <sub>3</sub>	-	NH <sub>4</sub> OH	HNO <sub>3</sub>

از جمله نکاتی که باید در هنگام کار با اسیدهای قوی و نیز بازهای قوی در نظر داشته باشید، واکنش بسیار گرمای آنها با آب است. وقتی شما به عنوان مثال در یک بشر حاوی سولفوریک اسید آب اضافه کنید به علت کمتر بودن نسبت آب به اسید و گرمای حاصله، آب بخار شده و به شدت به اطراف پاشیده می شود که می تواند قطرات اسید را هم همراه خود پخش نماید.

## مواد قابل اشتعال

مواد شیمیایی قابل اشتعال دسته ای از مواد آزمایشگاهی هستند که به آسانی آتش گرفته و به سرعت می سوزند و مقدار زیادی انرژی اغلب به شکل گرما آزاد می کنند. مواد قابل اشتعال می توانند به صورت گاز، مایع یا حتی جامد باشند ولی عمدتاً در آزمایشگاه بحث عمده بر روی مایعات قابل اشتعال است. از جمله مایعات قابل اشتعال می توان به دسته ی حلال ها از قبیل استن، اتر، هگزان و تولوئن اشاره کرد. برخی فاکتورها برای ارزیابی مواد قابل اشتعال به کار می روند که نقطه ی جوش یکی از این ویژگی ها می باشد. مایعات اشتعال پذیر معمولاً نقطه ی جوش پایینی دارند. نقطه ی اشتعال یک ترکیب پایین ترین دمایی است که بخار در سطح مایع می تواند در شرایط کنترل شده مشتعل شود. در دمای خودافروزش، ترکیب شیمیایی می تواند به طور

خود به خودی در شرایط کنترل شده مشتعل گردد. از دیگر فاکتورهای ارزیابی یک ترکیب اشتعال پذیر حدود LEL<sup>۱</sup> و UEL<sup>۲</sup> است. LEL یا پایین ترین سطح انفجار، کمترین غلظتی از بخار در هوا در واحد درصد است که وقتی جرقه ای اتفاق بیفتد می تواند سبب انفجار گردد. غلظت پایین تر از LEL معمولاً سبب بروز آتش سوزی نخواهد شد. UEL بالاترین غلظت قابل تحمل بخار در هوا برحسب درصد است که وقتی جرقه ای اتفاق بیفتد می تواند سبب انفجار گردد. براساس سیستم بین المللی رتبه بندی خطرات مواد شیمیایی GHS، خطر آتشگیر بودن در چهار گروه HC1 تا HC4 دسته بندی می شود که HC1 تحت عنوان فوق العاده آتشگیر شناخته می شود. عمده ی مواد شیمیایی اشتعال پذیر نقطه ی جوش زیر ۶۰ درجه سانتی گراد دارند. در سیستم رتبه بندی NFPA برای مواد آتشگیر از اعداد ۰ تا ۴ استفاده می شود که عدد ۴ برای مواد فوق العاده آتشگیر در نظر گرفته می شود.

در هنگام کار با مواد شیمیایی قابل اشتعال موارد زیر را در نظر بگیرید:

- خصوصیات مواد شیمیایی و خطرات مربوط به آتشگیر بودن آنها را بشناسید.
- سطح خطر را هنگام کار در شرایط مختلف بسنجید بالاخص وقتی بخارات تولید و منتشر می گردد یا موقعی که شعله ای وجود داشته باشد.
- اگر امکان داشته باشد از حلال ها یا مواد غیر آتشگیر استفاده کنید و اگر مقدور نبود مقدار مایع آتشگیر را به حداقل برسانید. سعی کنید از یک محیط با تهویه ی مناسب استفاده کنید.
- قبل از کار اطفاء کننده ی مناسب حریق و جعبه ی کمک های اولیه را در دسترس داشته باشید.



شکل ۱-۵ مخازن مایعات سرد

### سیلندرها ی گاز و مخازن مایعات سرد<sup>۳</sup>

شیمیست ها اغلب از گازها جهت سنتز مواد جدید، به عنوان حامل در کروماتوگرافی، منبعی برای احتراق و نیز برای محافظت از یک واکنش حساس به هوا استفاده می کنند. گازهای موجود در آزمایشگاه هم در فرم گازی و هم به شکل مایعات سرد شده نگهداری می شوند. به عنوان مثال هم N<sub>2</sub> و He می توانند به شکل فشار بالا یا در دمای بسیار پایین نگهداری شوند. وقتی عبارت سیلندر را به کار می بریم منظور این است که

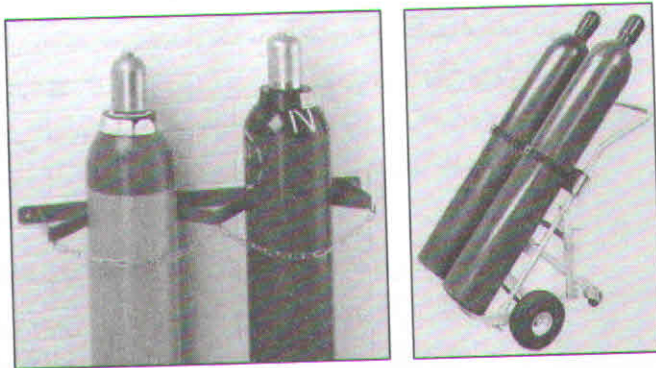
<sup>۱</sup> lower explosive limit

<sup>۲</sup> upper explosive limit

<sup>۳</sup> cryogenic liquids



محتوای سیلندر در فرم گازی است و هنگامی که عبارت مخازن سرد را استفاده می کنیم، منظور نگهداری در فرم مایع می باشد. گازهای موجود در سیلندرها گاز به لحاظ شیمیایی می توانند خنثی، آتشگیر، خورنده یا سمی باشند. انتشار تمامی اقسام گازهای ذکر شده می تواند خطرناک باشد حتی گازهای خنثی! برای نمونه خروج سریع گازهایی همچون نیتروژن، آرگون یا هلیوم می تواند سبب کاهش یا حذف اکسیژن از محیط پیرامون خود شود. هوای اطراف ما ۲۱ درصد اکسیژن دارد در مقدار اکسیژن محیطی ۱۶ درصد قدرت تفکر کاهش می یابد و در مقادیر زیر ۶ درصد مرگ رخ خواهد داد. هر گروه از گازها باید تا آنجا که ممکن است به شکل مجزا نگهداری شوند مخصوصا گازهایی که به لحاظ شیمیایی با یکدیگر ناسازگار هستند. هنگام کار با گازها اغلب ضروری است مسیر عبور گاز و اتصالات را بررسی کنید و حتی المقدور از پوشش و ایمنی مناسب استفاده نمایید. برخی گازها تحت فشارهای بسیار بالا در دمای محیط تبدیل به مایعات سرد می شود. این مایعات معمولا در ظرف های مخصوصی نگه داری می شوند. از جمله مایعات سرد می توان به نیتروژن مایع، آرگون مایع و هلیوم مایع اشاره کرد. هرگونه تماس مستقیم با این مواد سبب سرمازدگی شدید و آسیب دائمی به شخص خواهد شد لذا باید موقع استفاده از این مواد از وسایل حفاظتی مناسب استفاده نمود. موقع جابه جایی سیلندرها گاز و مخازن مایعات سرد حتما از گاری مخصوص استفاده کنید. دقت داشته باشید افتادن سیلندرها و مخازن بر روی زمین می تواند حادثه آفرین باشد لذا بهتر است با زنجیرهای مخصوصی به دیوار متصل شوند.

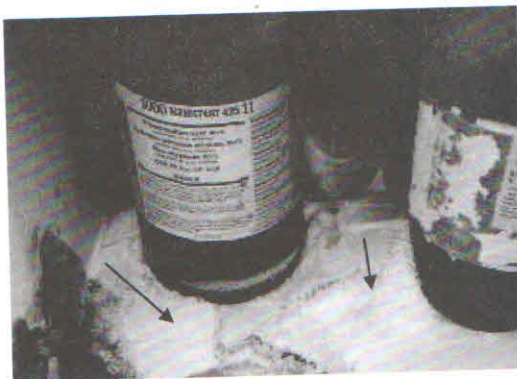


شکل ۱-۶ اتصال و حمل و نقل استاندارد سیلندرها گاز

### مواد ناپایدار و ناسازگار در آزمایشگاه

در یک آزمایشگاه ممکن است انواع و اقسام مواد شیمیایی فعال و بسیار واکنش پذیر در حالت های فیزیکی مختلف وجود داشته باشد. ناپایداری یک ترکیب شیمیایی به طبیعت آن بستگی دارد و با توجه به عواملی مانند نور، حرارت، اصطکاک یا ضربه نیز ممکن است تشدید شود. یک دسته عمده از ترکیبات ناپایدار، پراکسیدها هستند. پراکسیدها دسته ای از ترکیبات شیمیایی هستند که در آنها پیوند نسبتا ضعیف -O-O- وجود دارد. دو

قسم پراکسیدها شامل پراکسیدهای آلی (R-O-O-R) و هیدروپروکسی اسیدها (R-O-O-H) هستند. این مواد بسیار ناپایدار بوده به طوری که تکان شدید ظرف آنها یا حتی باز کردن درب بطری آنها با ایجاد اصطکاک سبب انفجار خواهد شد. اغلب ترکیبات شیمیایی که در آنها قابلیت تبدیل پراکسید وجود دارد در سه گروه دسته بندی می شوند. گروه (۱) خطر پراکسید شدید: مواد شیمیایی این گروه تولید پراکسیدهایی می کنند که به طور خود به خودی قابل انفجار است. این مواد را باید تا ۳ ماه پس از باز کردن درب آن به طور ایمن دور ریخت. از مواد شاخص در این گروه می توان به بوتادین، پتاسیم فلزی، پتاسیم آمید و دی وینیل اتر اشاره کرد. گروه (۲) خطر پراکسید بالا: مواد شیمیایی این گروه تولید پراکسیدهایی می کنند که در اثر متراکم شدن منفجر می شوند. این مواد بایستی یکسال پس از باز کردن درب آنها به طور ایمن دور ریخته شوند. از مواد شاخص این گروه می توان به ۲-بوتانل، دی اکسان، دی اتیل اتر و تتراهیدروفوران اشاره کرد. گروه (۳) خطر پراکسید بالا: مواد شیمیایی این گروه در اثر تولید پراکسید به شدت پلیمریزه می شوند این مواد باید بین ۶ تا ۱۲ ماه پس از باز کردن درب آنها به طور ایمن دور ریخته شوند. مواد شاخص این دسته شامل اکریلونیتریل، استیرن و وینیل استات هستند. برای اجتناب از تشکیل پراکسید در مواد یاد شده می توان اقداماتی به شرح زیر انجام داد: الف) استفاده از عوامل بازدارنده: بازدارنده ها مواد شیمیایی هستند که تشکیل پراکسیدها را کند می کنند یا مانع از تشکیل آنها می شوند. تولید کنندگان مواد شیمیایی اغلب بازدارنده ها را در مقادیر بسیار جزیی به مواد با احتمال تولید پراکسید اضافه می کنند تا مانع از تشکیل پراکسید شوند (در این صورت نیازی به دور ریختن مواد ذکر شده در مدت زمانهای کوتاه نیست ولی اگر بیش از دو سال از باز شدن ظرف اصلی آنها می گذرد باید در استفاده از آنها نهایت احتیاط را بکار برد). معمولاً بر روی ظرف آنها کاربرد بازدارنده ها درج شده است. نگهداری مواد شیمیایی زیر لایه ای از گازهای بی اثر یا عرضه ی آنها در ظروف استیل تیز می تواند کارکردی مشابه برای پایدار نگذاشتن داشته باشند. ب) کاهش استفاده و انبارش: بهتر است تا آنجا که ممکن است از این مواد



شکل ۱-۷ نشت پراکسید هیدروژن از ظرف و تشکیل کریستالهای بسیار خطرناک

حاصل استفاده را کرد و از انبارش مواد پراکسید زا و بدون بازدارنده بیش از ۳ ماه در انبار جلوگیری شود یعنی خریداری مواد طوری باشد که مواد بلافاصله پس از تهیه مصرف شوند. ج) برچسب گذاری: بر روی همه ی مواد خطرناک آزمایشگاه بالاخص مواد تولید کننده ی پراکسید زمان تحویل، زمان باز شدن و زمانی که باید دور انداخته شود



درج شود. وجود پراکسید با غلظت بالای 100 ppm در مواد شیمیایی می تواند خطرناک باشد. برای اندازه گیری مقدار پراکسید می توان از نوارهای تست مخصوص این کار یا از معرف پتاسیم یدید و نشاسته استفاده نمود. مواد پراکسید را نباید تبخیر یا تقطیر کرد چون انفجارهای زیادی در اثر این کار گزارش شده است. تشکیل پراکسید در مواد شیمیایی قدیمی ممکن است به صورت کریستال های سفید یا ابری شدن یا رسوب در محلول جلوه گر شود، در این حالت بی نهایت احتمال انفجار می رود و فوراً با تیم خنثی کننده ی بمب تماس بگیرید! مواد شیمیایی واکنش پذیر و فعال فقط به پراکسیدها ختم نمی شوند بلکه بسیار گسترده و متنوع هستند. آگاهی شما از نوع پیوندهای فعال و مثال هایی از مواد انفجاری در ایمنی شما بسیار نقش خواهد داشت در مورد این گونه مواد دوری از هرگونه تنش فیزیکی یا شیمیایی ضروری است. دسته دیگر از مواد ناپایدار، کلراتها و پرکلراتها هستند. این گونه از مواد شیمیایی نمکهای کلریک اسید و پر کلریک اسید بوده و عواملی بسیار اکسنده و جاذب الرطوبه هستند. این مواد بالاخص در صورتی که خشک باشند قابل انفجار هستند. هنگام کار با پرکلریک اسید و نمکهای آن حتماً باید احتیاط های ایمنی لازم را به کار برد. انواع دیگر مواد شیمیایی ناپایدار و قابل انفجار شامل، پیکریک اسید، استیلیدها، فولمیناتها، آزیدها، استرهای نیتریک اسید، ترکیبات نیترو و نیتروزو و پرکربوکسیلیک اسیدها در حالت بدون آب هستند. برخی از مواد شیمیایی در صورت نگهداری در کنار یکدیگر ممکن است باعث ایجاد مخاطرات جدی شوند. به لحاظ ایمنی لازم است این مواد دور از هم و به شکل جداگانه نگهداری شوند.

### جدول برخی مواد ناسازگار با یکدیگر

ماده شیمیایی	ناسازگار با ...
استن	نیتریک اسید - سولفوریک اسید - سایر عوامل اکسیدکننده
استیک اسید	عوامل اکسیدکننده: مانند کرومیک اسید - نیتریک اسید - ترکیبات هیدروکسیل دار - اتیلن گلیکول - پرکلریک اسید - پراکسیدها - پرمنگناتها
آمونیاک (بی آب)	جیوه - کلر - کلسیم هیپوکلریت - ید - برم - هیدروفلوریک اسید
محلولهای قابل اشتعال	آمونیم نیترات - کرومیک اسید - هیدروژن پر اکسید - نیتریک اسید - پراکسید سدیم - هالوژنها
هیدروکربن ها (مانند: بوتان - پروپان - بنزین)	فلوئور - کلر - برم - کرومیک اسید - سدیم پراکسید - سایر عوامل اکسید کننده
نیترات ها	پودرهای فلزی و غیرفلزی مانند گوگرد - سولفید های فلزی - محلولهای قابل احتراق

اسید نیتریک	استیک اسید- آنیلین- کرومیک اسید - هیدروسیانید اسید- سولفید هیدروژن- گازها و محلولهای قابل اشتعال- مس- آلیاژ برنج- فلزات سنگین- قلیایی ها
پرکلریک اسید	عوامل کاهنده مانند: استیک انیدرید- بیسموت و آلیاژهای آن- الکاها- کاغذ - پشم- گریس- روغنها
پرمنگنات پتاسیم	گلیسرول- اتیلن گلیکول- بنز آلدئید- سایر عوامل کاهنده- سولفوریک اسید
سولفوریک اسید	پرمنگنات ها- آب - محلولهای آبی- عوامل کاهنده- کلرات ها- پرکلرات ها- نیتریک اسید
پودر فلزات	اسیدها، بازها، هیدروژن پر اکسید، کلراتها، نیتراتها
سدیم هیدروکسید	اسیدها

### سایر خطرها

این دسته اغلب شامل تابش های رادیویی، مواد پرتوزا و میدان های بسیار قوی مغناطیسی است. به عنوان مثال اشعه ی UV که در گستره ی تابش های رادیویی به عنوان یک تابش پرنرژی قلمداد می شود می تواند برای سلامتی زیان بار باشد. تا آنجا که ممکن است باید بین خود و اشعه ی UV (مثلا لامپهای گند زدایی) محافظت ایجاد کرد. مواد پرتوزا دسته ای از مواد شیمیایی هستند که با فعل و انفعالات هسته ای تولید پرتوهای پرنرژی می کنند. از جمله ی این پرتوها می توان به  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  اشاره کرد. اشعه ی X گستره ی پرتوهای طیف الکترومغناطیس است که بر اثر میدان های الکتریکی بسیار قوی و برهم کنش آن با برخی فلزات یا تابش ثانویه ناشی از پرتوهای  $\gamma$  و  $\beta$  به وجود می آید. در تمامی موارد استفاده از پوشش های محافظ جهت ایمنی لازم است.

### ۸-۱ سمیت مواد شیمیایی و بحث های پیرامون

فکشی که به مطالعه ی سیستماتیک نامطلوب مواد شیمیایی می پردازد، سم شناسی نام دارد. سم شناسی فقط به بررسی مواد شیمیایی که در اصطلاح سم<sup>۱</sup> نامیده می شود نمی پردازد بلکه موادی که چنین نامی بر آنها اطلاق نمی شود را نیز مورد مطالعه قرار می دهد. سمیت<sup>۲</sup> توانایی یک ترکیب شیمیایی برای ایجاد یک تغییر بیسی یا آسیب به ارگان زنده با زیان رساندن به آن یا تغییر عملکرد سیستم بیوشیمیایی می باشد. یک

<sup>1</sup> poison  
<sup>2</sup> toxicity

ماده ی شیمیایی که ایجاد سمیت می کند مسموم کننده<sup>۱</sup> و ترکیبی را که به طور طبیعی وجود دارد و خاصیت مسموم کنندگی داشته باشد زهر<sup>۲</sup> می نامند. به یاد داشته باشید همه مواد شیمیایی بر حسب مقدار (دوز) می توانند مسموم کننده باشند. سمیت حاد<sup>۳</sup> توانایی یک ماده ی شیمیایی برای آسیب به یک ارگان یا سیستم زنده در یک دوز واحد است. نتایج اغلب (ولی نه همیشه) خیلی سریع هستند و تاثیرات فوری دارند. پنجره ی زمانی که برای سمیت حاد در نظر گرفته می شود، ثانیه، دقیقه، ساعت یا روز است. سمیت مزمن<sup>۴</sup> توانایی ماده ی شیمیایی برای آسیب به یک ارگان یا سیستم زنده با دوزهای کوچک چندتایی در طول یک مدت معمولاً ماه یا سال می باشد. به طور نسبی دوز سمیت حاد خیلی بیشتر از سمیت مزمن است که در مورد اخیر مقدار بسیار کمتری دوز ماده ی شیمیایی در طول یک زمان طولانی دریافت می شود.

جدول انواع سموم و تاثیرات سمی آنها بر بدن انسان

نوع سم	مواد با سمیت مزمن	مواد با سمیت حاد
محرک	absence of known chemical	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CS <sub>2</sub> , EDTA
آلرژی زا	absence of known chemical	Formaldehyde, Diazomethane, Aluminium trichloride
خفه کننده	absence of known chemical absence of known chemical	CO, N <sub>2</sub> , He, CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> Acrylonitril, Nitogen mustard
سرطانزا	Ethylene Oxide, Cr(IV) compounds, Benzene, Chloroform, Vinyl chloride, formaldehyde	absence of known chemical
سم اندام	Mercury, Hexane, Phenol	Ethanol, Aniline, Toluene, DMF, CCl <sub>4</sub>
سم عصبی	Acrylamide, Lead, Methyl iodide	Dimethylmercury, Acetone, CS <sub>2</sub> , Ethanol
سم به طور کلی	Arsenic compounds, Phosphorus, Osmium tetroxide	Cyanide, Osmium tetroxide, Phosphorus, Sodium azide

<sup>1</sup> toxicant

<sup>2</sup> toxin

<sup>3</sup> acute toxicity

<sup>4</sup> chronic toxicity

## دفاع بدن در مقابل مواد شیمیایی سمی

بدن شما توانایی قابل توجهی برای مقابله با سموم در فرآیندی با عنوان متابولیزه کردن مواد شیمیایی دارد در این فرآیند سموم کننده ها به مواد غیرسمی، مواد با سمیت کمتر یا شاید مواد با سمیت بیشتر تبدیل شوند که قابل دفع توسط بدن می باشند. به طور خاص این فرآیند در کبد انجام می گیرد.

برخی از مواد شیمیایی در مقابل متابولیزه شدن مقاوم هستند و می توانند در بدن انباشته شوند مثلاً همه ما ترکیب معروف DDT را می شناسیم. از این ماده ی شیمیایی سال ها به عنوان آفت کش استفاده می شد. هرچند DDT در غلظت های بالا سمی است ولی می تواند به سهولت و به شکل نسبتاً غیر سمی در چربی بدن انسان انباشته شود این فرآیند را زیست انباشتگی می نامند. یک ماده ی شیمیایی ممکن است پس از آنکه در بدن انسان متابولیزه شد، به شکل سمی تری از ترکیب اولیه تبدیل شود. مثال خوبی از این دست اتیلن گلیکول است که بعنوان ضد یخ به طور گسترده کاربرد دارد. اگر این ترکیب اشتباهاً بلعیده شود در اثر متابولیزه شدن ایجاد اسیدوز (حالتی که مقدار زیادی اسید در بدن وجود دارد) کرده و به سبب تشکیل کریستال های کلسیم اگزالات آسیب های جدی به کلیه و مغز وارد می کند.

دوز مهلک / مقادیر LD<sub>50</sub> و LC<sub>50</sub>

حجم زیادی از اطلاعات مربوط به سمیت مواد شیمیایی از مطالعات آزمایشگاهی به دست آمده است. سم شناسان بر اساس این مطالعات برخی اصلاحات مهم را برای سمیت و خطر یک ماده شیمیایی معرفی کرده اند. LD<sub>50</sub><sup>1</sup> عبارتی است که برای توصیف سمیت حاد یک ماده ی شیمیایی بکار می رود و معمولاً بر حسب واحد mg/kg بیان می گردد. LD<sub>50</sub> دوز واحد از یک ماده ی شیمیایی است که موجب مرگ ۵۰٪ از حیوانات آزمایشی می شود که آن دوز را دریافت کرده اند. LD<sub>50</sub> در حالتی بکار می رود که یک ماده ی شیمیایی به صورت خوراکی یا جلدی مصرف شده باشد. اگر یک ماده ی شیمیایی سمیت خود را از طریق تنفس نشان دهد عبارت LC<sub>50</sub><sup>2</sup> به کار می رود. LC<sub>50</sub> دوز مرگ آوری است که موجب مرگ ۵۰٪ از جمعیت حیوانات آزمایش شود. در LC<sub>50</sub> دوز ماده ی سمی به صورت غلظت آن در هوا در نظر گرفته شده و با واحدهای (ppm) mg/l یا mg/m<sup>3</sup> بیان می شود.

<sup>1</sup> lethal dose, 50%

<sup>2</sup> lethal concentration, 50%



سم های مهلک بر اساس مقیاس  $LD_{50}$  و  $LC_{50}$  :

خوراکی  $LD_{50} \leq 50 \text{ mg/kg}$

جلدی  $LD_{50} \leq 200 \text{ mg/kg}$

تنفسی  $LC_{50} \leq 200 \text{ ppm or } 2 \text{ mg/l}$

در نشانه گذاری مواد شیمیایی سم های مهلک با عنوان danger یا poison یا علامت قدیمی جمجه و استخوان نشان داده می شوند. سم های مهلک ممکن است طبیعی یا سنتزی باشند. از اقسام طبیعی می توان به سموم باکتریایی مثل بوتولیم، سموم قارچی مانند آفلاتوکسین ها و زهر مار و عقرب و از اقسام سنتزی می توان به آرسنیک تری اکساید، سدیم آزید و فسفین اشاره کرد.

### فاکتورهایی که بر سمیت ماده ی شیمیایی اثرگذار است

علاوه بر دوز ماده، فاکتورهای متعددی بر سمیت یک ترکیب اثر می گذارد. مسیر در معرض قرار گرفتن ماده مهم است. به عنوان مثال یک ماده ی سمی میتواند از طریق آب یا غذا خورده شود یا از طریق هوا تنفس شود یا از طریق پوست جذب شود. سن و وضعیت سلامتی فرد در معرض نیز در سمیت ماده اثر دارد. برخی مواد شیمیایی در انسان ها می توانند باعث بروز سرطان شوند. از معروف ترین و پرکاربردترین این مواد می توان به ترکیبات معدنی آرسنیک، ترکیبات حاوی کروم (VI) مانند کروماتها و دی کروماتها، کادمیوم و ترکیبات آن و نیز بنزن و فرم آلدهید اشاره نمود. در تمامی مواد یاد شده رعایت نکات و دستورات ایمنی، حفاظت کامل و کم کردن تماس با این مواد به شدت توصیه می شود.

## ۹-۱ وسایل حفاظت در آزمایشگاه

### حفاظت از چشم و صورت

تقریباً تمامی حلال ها و مواد شیمیایی و مواد موجود در آزمایشگاه می توانند به چشم آسیب جدی وارد کنند. مواد اکسند، احیا کننده، اسیدها و بازها بسیار خطرناک می باشند که در این بین خطر بازهای قوی برای چشم بیشتر است. به طور عمده در آزمایشگاه از ۳ نوع وسیله ی حفاظت چشم استفاده می شود. نوع اول عینک آزمایشگاهی ساده است که مانع از برخورد اجسام پاشیده شده به چشم می شود. نوع دوم عینکی است که علاوه بر داشتن خاصیت فوق در برابر خطر ورود قطرات ریز مواد شیمیایی نیز مقاوم است (تصویر وسط ۸-۱). نوع سوم محافظ صورت است که حالتی سپرمانند و شفاف دارد و هم زمان چشم و صورت را از آسیب ذرات پاشیده شده محافظت می کنند. محافظ صورت ممکن است در برابر برخی مواد شیمیایی مقاوم نباشد.





شکل ۸-۱ انواع لوازم ایمنی حفاظت چشم و صورت

### حفاظت از پوست

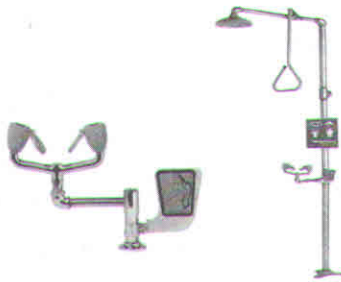
چه کنیم تا حد امکان از تماس مواد شیمیایی با پوست جلوگیری کنیم؟ پاسخ استفاده از پوشش مناسب است. ابتدا باید یک روپوش مناسب و بلند به همراه شلوار برتن داشت. همواره در آزمایشگاه باید کفش پوشیده به پا داشته باشید. ممکن است برخی وسایل با لبه های تیز سبب بریدگی های دردناک شوند در این حالت باید وسایل شیشه ای شکسته شده و سایر اقلام تیز غیر قابل استفاده را در سطل های آشغال مخصوص این کار ریخته و هرگز نباید با استفاده از این گونه وسایل ایمنی خود را نادیده بگیرید. جهت حفاظت پوست در مقابل مواد شیمیایی انواع و اقسام دستکش ها با جنس و کاربردهای مختلف موجود می باشند. برای حمل و نقل اسیدها و بازها از دستکش های ضخیم و بلند ضد اسید و باز استفاده نمایید. امروزه دستکش های لاتکس به صورت گسترده در آزمایشگاه ها مورد استفاده قرار می گیرند که حفاظت نسبی در برابر اسیدها (به جز اسید سولفوریک)، بازها، محلول های نمکی و برخی از حلال ها ایجاد می کند. اخیرا دستکش های نیتریلی و نایتریلی برای کار در آزمایشگاه معرفی شده اند که به لحاظ حفاظت و راحتی کاربر بهتر از دستکش های لاتکس می باشد. البته بهترین دستکش های آزمایشگاهی از نوع laminated film بوده که در مقابل انواع حثف مواد شیمیایی مقاوم اند. همواره سعی کنید برای جابه جایی مواد بسیار سرد مانند یخ خشک در آزمایشگاه از دستکش های ضد سرما و برای نقل و اجسام داغ از انبرهای بلند به همراه دستکش های ضدگرما استفاده کنید.



شکل ۹-۱ انواع دستکش های آزمایشگاهی

## دوش و چشم شوی

دوش آب و چشم شوی به تعداد کافی از جمله وسایل مهم ایمنی در هر آزمایشگاه هستند. بسیار محتمل است هنگام کار با برخی مواد خورنده یا تحریک کننده، این مواد بر روی چشم یا پوست پاشیده شوند. در این حالت اولین اقدام استفاده از دوش و چشم شوی ایمنی خواهد بود. بهتر است محل قرار گیری این وسایل به گونه ای نباشد که فرد برای دسترسی اورژانسی به آنها دچار مشکل شود. برای اطمینان از عملکرد صحیح آنها در مواقع اضطراری لازم است به طور دوره ای صحت عملکرد دوش و چشم شوی بررسی شود.

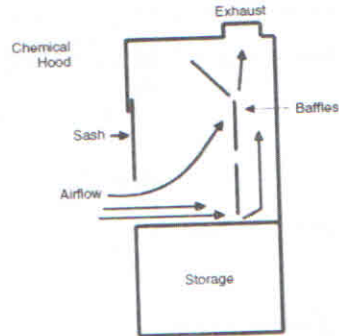
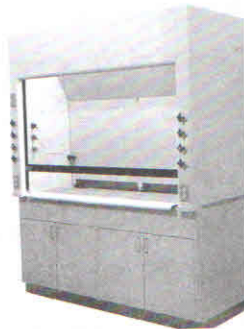


شکل ۱-۱۰ دوش و چشم شوی آزمایشگاهی

## هود شیمیایی

یکی از مهمترین وسایل ایمنی موجود در یک آزمایشگاه، هود شیمیایی است. بسیاری از حلال ها دارای فشار بخار پایین هستند از طرفی برخی مواد جامد می توانند به آسانی تصعید شوند و بسیاری از واکنش های شیمیایی می توانند تولید گاز یا بوهای نامطلوب کنند. در همه ی این موارد و سایر حالات پیش بینی نشده کاربرد مواد شیمیایی در محفظه ی مخصوص به نام هود شیمیایی ضروری است. هود شیمیایی دارای جریان هوای یک طرفه بر خلاف جهت ایستادن شخص و رو به بالاست. هود شیمیایی دارای یک درب عمودی است که به سمت بالا باز می شود و به صورت شفاف و معمولاً از جنس پلی کربنات است. از آنجا که هود به صورت مکنده عمل می کند برای تامین هوای تازه آزمایشگاه به مقدار کافی باید تدبیری در نظر داشت. بهترین توصیه استفاده از سیستم های مخصوص به همراه فیلتر های تصفیه هوای محیطی است. درب عمودی هود را نباید هنگام استفاده به صورت ۱۰۰٪ بست، بلکه مقدار حدود ۸۵٪ کفایت می کند. بسته شدن کامل درب هود مانع از تهویه ی مناسب خواهد شد. هودهای شیمیایی جدید مجهز به سنسورهایی جهت کنترل جریان هوا هستند. همواره قبل از استفاده از هود باید از روشن بودن فن آن مطمئن بود. یکی از راه های ساده برای کنترل مکش هود استفاده از نوار باریک کاغذ است. یک هود سالم با مکش مناسب جریان هوایی در حدود  $100(\pm 20)$  feet/min دارد. در این حالت اگر نوار باریک کاغذ را درحالتی که درب عمودی

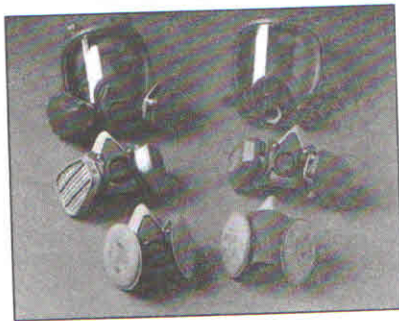
هود در حالت نیمه بسته قرار دارد نزدیک کف آن قرار دهید، کاغذ باید به آرامی به سمت داخل هود کشیده شود! برخی از هودهای شیمیایی به طور اختصاصی برای کاربردهای مشخصی ساخته می شوند. به طور مثال هود های شیمیایی ضد انفجار، هود شیمیایی مخصوص کار با پر کلریک اسید، هود شیمیایی مخصوص کار با جیوه و هود شیمیایی مخصوص کار با هیدروفلوئوریک اسید ساخته شده است.



شکل ۱-۱۱ هود شیمیایی معمولی و نمایش جریان هوا در آن

#### ماسک

ماسک ها در زمره لوازم حفاظت شخصی دسته بندی می شوند. از آنجا که هنگام استفاده از مواد شیمیایی اغلب از هود شیمیایی استفاده می شود لذا کاربرد ماسک محدود به شرایطی می شود که مثلا مقداری ماده ی شیمیایی خطرناک و فرار در جایی از آزمایشگاه ریخته باشد یا حادثه اضطراری رخ داده باشد. قبل از استفاده از ماسک حتما باید نوع و کاربرد آن، انطباق کامل آن با صورت و تمرین های استفاده ی صحیح آن انجام شود. ماسک های معمولی و کاغذی که عمدتا در



شکل ۱-۱۲ انواع ماسک آزمایشگاهی

بیمارستان ها استفاده می شود برای آزمایشگاه و مواد شیمیایی مناسب نیست. بهترین ماسک ها برای کار آزمایشگاهی ماسک های کارتریج دار هستند هرچند برخی مراجع استفاده از این نوع ماسک ها را در آزمایشگاه به دلیل تنوع مخاطرات و نیز مقدار پایین هوای آزاد در آزمایشگاه توصیه نمی کنند و کاربردهای صنعتی را برای آنها در نظر می گیرند.

## ۱-۱۰ ارزیابی ایمنی آزمایشگاه

همچنان که مطالب گذشته را مرور کردید ملاحظه نمودید که نکات و الزامات ایمنی بسیار زیاد هستند و معمولاً به خاطر داشتن و رعایت تمامی نکات مشکل است به همین خاطر لازم است چک لیست هایی تهیه کرده و متناوباً وضعیت ایمنی آزمایشگاه را ارزیابی و در صورت عدم انطباق نسبت به رفع آن اقدام کنید. نکاتی که باید در تنظیم چک لیست لحاظ کنید به همراه مثال هایی برای هر یک در ذیل آمده است. در نظر داشته باشید برای هر قسمت می توان زیر مجموعه ها و جزئیات بیشتری را لحاظ کرد. این چک لیست ها را پس از تکمیل با ذکر تاریخ بایگانی نمایید.

- ۱) نظافت: تمیزی کف، سطوح، هود و ... ، عدم بهم ریختگی فضاها
- ۲) تجهیزات: سالم بودن هود، سالم بودن دوش و چشم شوی، وجود کپسول های آتش نشانی شارژ شده و جعبه ی کمک های اولیه
- ۳) انبارش مواد شیمیایی و پسماندها: طبقه بندی مناسب مواد و پسماندها، تاریخ انقضای مواد، محکم بودن اتصالات کپسول های گاز
- ۴) سهولت یکپارچگی: وضعیت نور آزمایشگاه، قفل درب ها و کمدها، نصب علائم ایمنی
- ۵) لوازم حفاظت شخصی: موجود بودن عینک ایمنی، روپوش، ماسک و دستکش مناسب
- ۶) اطلاعات ایمنی: شماره تماس های اضطراری، اطلاع از MSDS، اطلاع از علائم خطر
- ۷) دستورالعمل ها: آگاهی از محل کپسول های آتش نشانی و نحوه ی کار با آن ها، آگاهی از محل دوش و چشم شوی و نحوه ی کار با آنها، روش های شناخت خطر و ارزیابی شدت آن و برگزاری مانورهای ایمنی.



## فصل دوم

# مدیریت مواد شیمیایی در آزمایشگاه

## ۲-۱ خرید مواد شیمیایی

یکی از مواردی که در کیفیت و نتیجه ی یک آزمایش بسیار تاثیرگذار است، مواد شیمیایی مربوط به گستره ی کاری هدف می باشد. از آنجا که تولید کنندگان مواد شیمیایی چه در داخل کشور و چه در خارج طیف بسیار گسترده ای از این مواد را تولید و عرضه می کنند. نحوه ی شناخت مواد شیمیایی مطلوب و سفارش آن بسیار ضروری است. قبل از انجام هرکار باید مطابق استاندارد کاری مربوطه مواد لازم را به طور دقیق لیست کرد و پس از این مرحله است که فرآیند سفارش و خرید آغاز می گردد. در مورد سفارش مواد شیمیایی این نکته را به خاطر داشته باشید که همواره مقدار کم، ایمن تر و به صرفه تر است، مخصوصا هنگامی که قصد دارید آزمایشی را برای اولین بار انجام دهید. شرکت های مختلفی در زمینه ی تولید و عرضه ی مواد شیمیایی فعالیت دارند. این شرکت ها در خصوص سفارشات خود دارای استانداردهای بین المللی یا محلی هستند. به عنوان مثال ممکن است یک شرکت خارجی در داخل کشور نمایندگی رسمی عرضه داشته باشد که در این حالت اطمینان از اصل بودن مواد شیمیایی برای مشتری محرز خواهد شد. انتخاب بین مواد شیمیایی ساخت تولیدکنندگان گوناگون و نیز کیفیت آنها کاملا بستگی به دانش و تجربه دارد. در ادامه نکاتی را مطرح خواهیم کرد که در این زمینه مفید خواهند بود.

همان گونه که عنوان شد شرکت های گوناگونی در سراسر دنیا به تولید و عرضه ی مواد شیمیایی آزمایشگاهی مشغولند. از جمله برجسته ترین شرکت ها می توان به مرک، سیگما-آلدریچ، شارلو، رومیل، آلفا ایسر، کم لب و ... اشاره کرد. آدرس اینترنتی این شرکت ها در جدول بعدی ارائه شده است. شما می توانید با مراجعه به سایت هر یک و جست و جوی مواد شیمیایی به اطلاعات وسیعی دست پیدا کنید. همچنین این شرکت ها دارای کاتالوگی از تمامی مواد تولیدی خود هستند که معمولا نسخه ی PDF آنها در سایتشان موجود است. این کاتالوگ ها دارای اطلاعات بسیار مفیدی درباره ی انواع مواد شیمیایی تولیدی، ملاحظات ایمنی و نحوه ی سفارش آنها دارند.

نام شرکت تولید کننده مواد شیمیایی	آدرس اینترنتی
مرک	<a href="http://www.emdmillipore.com">www.emdmillipore.com</a>
سیگما آلدریچ، فلوکا و ساپلکو	<a href="http://www.sigmaaldrich.com">www.sigmaaldrich.com</a>
شارلو	<a href="http://www.scharlab.com">www.scharlab.com</a>
رومیل	<a href="http://www.romil.com">www.romil.com</a>
آلفا ایسر	<a href="http://www.alfa.com">www.alfa.com</a>
کم لب	<a href="http://www.chem-lab.be">www.chem-lab.be</a>

از تولیدکنندگان داخلی مواد شیمیایی میتوان به قطران شیمی، دکتر مجللی، اطلس شیمی، امرتات شیمی و ... اشاره کرد. لازم به ذکر است اگر ماده ی شیمیایی دارای مشابه داخلی باشد و قبلا از کیفیت و کاربرد آن اطمینان حاصل کرده اید استفاده از مواد شیمیایی وطنی به لحاظ مسائل اقتصادی توصیه می گردد.

## ۲-۲ اطلاعات شناسایی مواد شیمیایی

مواد شیمیایی با درجات یا کیفیتهای<sup>۱</sup> مختلفی تولید می شوند. به عنوان مثال یک حلال مرسوم مانند  $\text{H}_2\text{O}$  -هگزان با درجه ی تجزیه ای، کروماتوگرافی گازی، کروماتوگرافی مایع، اسپکتروفتومتری، تجاری و.. با خلوص مختلفی از ۵۲ تا ۹۹ درصد عرضه می شوند. این حالت برای عمده مواد شیمیایی شامل حلال ها، نمک ها، اسیدها و بازها نیز صدق می کند از طرفی همین تنوع زیاد با در نظر گرفتن حجم ها و وزن های مختلفی از مواد تولیدشده بیشتر نیز خواهد شد.

فرمول شیمیایی، جرم مولکولی و دانسیته

lot number <b>K12345630</b>	order number <b>052 1.00003.2500</b>	کیفیت <b>2.5 I</b>	GHS هشدارهای سیستم <b>31.05.14</b>	اطلاعات ایمنی و مخاطرات <b>UN 1648</b>
--------------------------------	---	-----------------------	---------------------------------------	---

**EMSURE<sup>®</sup>**  
**ACS, Reag. Ph Eur**  
**Acetonitrile**  
for analysis  
**Acetonitril**  
**Acétronitrile**  
**Acetonitrilo**

Index No: 608-001-00-3  
Merck KGAA  
68771 Darmstadt, Germany  
Tel. +49(0)6151 72-2448  
www.merck-chemicals.com

MERCK

**UN 1648**

**Danger.** Highly flammable liquid and vapor. Harmful if inhaled. Irritates if contact with skin. Causes serious eye irritation. Keep away from heat. IF IN EYES: Rinse cautiously with water for several minutes. Remove contact lenses, if present and easy to do. Continue rinsing. Store in a well-ventilated place. Keep cool.

**Gefahr.** Flüssig und dampf leicht entzündlich. Gesundheitsschädlich bei Einatmen. Verursacht schwere Augenirritation. Von Hitze entfernt halten. BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser ausspülen. Eventuell vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiterhin spülen. Nicht an einem Ort befeuchten. Gut abzulassen.

**Danger.** Liquid and vapor highly inflammable. Harmful by inhalation. Irritates on contact with skin. Causes serious eye irritation. Keep away from heat. IF IN CONTACT WITH EYES: Rinse eyes cautiously with water for several minutes. Remove contact lenses, if present and easy to do. Continue to rinse. Store in a well-ventilated place. Keep cool.

**Peligro.** Líquido y vapor fácilmente inflamables. Nocivo por inhalación. Irritante por contacto con la piel. Provoca irritación grave en los ojos. Mantener alejado de las fuentes de calor. EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Rinse cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quite las lentes de contacto, si las tiene y resulto fácil. Después continúe lavando. Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener en lugar fresco.

**Peligro.** Líquido e vapor facilmente inflamáveis. Nocivo por inalação. Irritante por contacto com a pele. Provoca irritação grave nos olhos. Manter afastado de fontes de calor. EN CASO DE CONTACTO COM OS OLHOS: enxaguar cuidadosamente com água durante vários minutos. Se usar lentes de contacto, retire-as se for possível. Continue a enxaguar. Armazenar em local bem ventilado. Conservar em lugar fresco.

**Gevaar.** Vloeistof en dampen zeer goed ontvlambaar. Schadelijk bij inademing. Schadelijk bij aanraken. Verreken van hitte. BIJ CONTACT MET DE OGEN: voorzichtig afspülen met water gedurende een aantal minuten. contactlenzen verwijderen, indien mogelijk. blijven spoelen. Op een goed geventileerde plaats bewaren. Koel bewaren.

IMD ACETONITRILE

اطلاعات خلوص

نام ترکیب

نوع کاربرد

شکل ۲-۱ برچسب یک ماده ی شیمیایی ساخت شرکت مرک

در این خصوص داشتن برخی اصطلاحات نام گذاری مواد شیمیایی ضروری است. (با در نظر گرفتن دستورالعمل شرکت مرک)

<sup>1</sup> grades

EP Grade: این کیفیت از مواد شیمیایی مخصوص صنایع تولیدی غذایی و دارویی بوده و دارای گواهی از تجزیه محصول به همراه پایین ترین مقدار اندوتوکسین ها می باشد.

GR (Pro Analysis): این کیفیت مخصوص تجزیه بوده و معمولا در گواهی آن تا ۴۲ ناخالصی ذکر شده و حد ناخالصی این مواد زیر 100 ppb می باشد. مواد با این کیفیت معمولا تحت استانداردهایی از قبیل ISO<sup>۱</sup> یا ACS<sup>۲</sup> یا USP<sup>۳</sup> تولید می شوند.

Suprapur: مواد شیمیایی که با این کیفیت تولید می شوند مخصوص تجزیه مقادیر آثار<sup>۴</sup> بوده و در گواهی آنها تا ۶۸ ناخالصی ذکر شده و حد ناخالصی آنها 1-5 ppb می باشد. گواهی مربوطه برای هر بسته به صورت مجزا و منحصر به فرد خواهد بود.

Ultrapur: برای این مواد در گواهی شرکت سازنده تا ۶۹ ناخالصی ذکر شده و مقدار ناخالصی در این مواد 20-50 ppt است. این مواد برای تجزیه فرا آثار به کار می روند و گواهی مربوطه برای هر بسته به صورت مجزا و منحصر به فرد خواهد بود.

Order number: یک کد ده رقمی است که برای هر ماده تولید شده در شرکت مرک منحصر بفرد می باشد. چهار رقم آخر نشانگر حجم بر حسب ml یا وزن بر حسب gr است.

Cas number<sup>۵</sup>: کدی منحصر به فرد برای هر ترکیب شیمیایی بدون در نظر گرفتن سازنده است و همانند شماره ملی هویتی یک فرد بوده و برای تمام شرکت ها یکسان می باشد. به عنوان مثال cas number استونیتریل 75-05-8 می باشد. می توانید cas number یک ماده ی شیمیایی را با جستجوی نام لاتین آن به همراه عبارت cas number در موتورهای جستجو یا از طریق وب سایت شرکت های سازنده پیدا کنید.

Lot number: شماره گذاری منحصر به فردی برای یک شرکت سازنده است که از طریق دستورالعمل خود می تواند موارد متعددی از قبیل سال و هفته تهیه، محل تهیه و ... را شناسایی کند. این شماره معمولا بیشتر توسط سازندگان و برای ردیابی محصول تولیدی خود بکار گرفته می شود. نکته ی مهمی که درباره ی خرید مواد شیمیایی به ویژه مواد استاندارد باید در نظر داشته باشید داشتن گواهی<sup>۶</sup> از شرکت سازنده است. این

<sup>1</sup> international organization for standardization

<sup>2</sup> american chemical society

<sup>3</sup> united states pharmacopeia

<sup>4</sup> trace

<sup>5</sup> chemical abstracts service

<sup>6</sup> certificate



گواهی‌ها اطلاعاتی در مورد خلوص، نحوه‌ی کار، ایمنی و تصدیق کیفیت شرکت سازنده ارائه می‌کنند. اصولاً مواد استاندارد ترکیباتی هستند که سایر مواد شیمیایی به وسیله‌ی آنها سنجیده می‌شوند مثلاً هنگامی می‌خواهید مقدار یک اسید مجهول را در یک نمونه اندازه‌گیری کنید از انواع مواد استاندارد می‌توانید به استانداردهای سموم، فلزات سنگین، جهت تیتراسیون استفاده می‌کنید. از انواع مواد استاندارد می‌توانید به استانداردهای سموم، فلزات سنگین، اسیدهای چرب، نگهدارنده‌ها، داروها و ... اشاره کرد. نکته‌ی مهم در گواهی این مواد داشتن مواردی مانند سال تولید، حداقل زمان ماندگاری، غلظت، عدم قطعیت غلظت، فرمول شیمیایی، قابلیت ردیابی به یکاهای SI و استانداردهای سطح بالاتر است.

### ۲-۳ انبارداری و نگهداری مواد شیمیایی

پس از اینکه مواد شیمیایی را خریداری کردید باید آنها را در محل مناسبی نگهداری کنید. اگر فضای مجزایی را به عنوان انبار در نظر گرفته‌اید به نحوه‌ی قرارگیری مواد شیمیایی باید بسیار دقت کنید. برخی مواد شیمیایی ماهیتاً با هم ناسازگار هستند، مثلاً اسیدها و بازها و نیز جامدات و مایعات را نباید در کنار هم قرار داد یا اینکه مواد اکسیدکننده لازم است در کمد های مجزا از سایر مواد نگهداری شوند. در جدول مواد ناسازگار که در فصل اول به آن اشاره شد تا حد امکان باید این مواد شیمیایی را جدا و با فاصله از هم نگهداری کرد. انبار باید دارای تهویه‌ی مناسب بوده و از هرگونه منبع آتش و جرقه باید پرهیز شود مثلاً کلیدهای برق بیرون از انبار باشند و وسایلی مانند یخچال معمولی نباید در داخل انبار مواد شیمیایی قرار بگیرد مگر سیستم‌های مخصوصی برای این کار استفاده شود. وسایل اطفاء حریق و سیستم‌های هشدار از جمله الزاماتی هستند که باید برای انبار مواد شیمیایی در نظر گرفته شود. نکته‌ی مهم در انبارداری مواد شیمیایی نظم و ترتیب است. سعی کنید فهرست مواد موجود در انبار، تاریخ ورود، تعداد و فروشنده را تنظیم کنید. اگر از یک ماده‌ی شیمیایی چند عدد موجود باشد، موادی که به تاریخ انقضای خود نزدیکتر هستند باید زودتر جهت استفاده خارج شود (FEFO)<sup>۱</sup>. نوع قفسه بندی انبار بسیار اهمیت دارد، مواد شیمیایی را هیچ‌گاه نباید در کف انبار قرار داد و از نگهداری مواد شیمیایی خطرناک و مایعات در سطوح بسیار بلند و خارج از سطح دید باید اجتناب نمود. مواد خورنده مانند اسیدها و بازها باید بر روی صفحات ضخیم پلی اتیلنی (HDPE)<sup>۲</sup> در قفسه‌ها و حلال‌ها و مایعات آتشگیر باید در کمد های فلزی به رنگ زرد و دارای تهویه نگهداری شوند. هروقت خواستید مواد شیمیایی را از انبار به محیط آزمایشگاه انتقال دهید از گاری‌ها و سبدهای مخصوص استفاده کنید. در خاتمه یاد آور می‌شود مواد شیمیایی را روی سکوهای آزمایشگاه و یا در زیر هود نگهداری نکنید مگر اینکه در زمان کوتاهی مصرف شوند.

<sup>1</sup> first expired first out

<sup>2</sup> high-density polyethylene



شکل ۲-۲ نحوه صحیح انبارش و جایجایی مواد شیمیایی

## ۲-۴ جابه جایی پسماندهای خطرناک

هنگامی که از مواد شیمیایی استفاده می شود طبیعتاً پسماندهایی نیز تولید می گردد. اینکه چگونه با این ضایعات برخورد شود هم در ایمنی پرسنل آزمایشگاه و هم برای محیط زیست حائز اهمیت است. دو مسئولیت مهمی که شما در این رابطه دارید شناسایی خطر و جابه جایی مناسب پسماندها است. ابتدا باید ماهیت شیمیایی پسماندهای که ایجاد شده است مشخص گردد. براساس دستورالعمل آژانس محیط زیست امریکا<sup>۱</sup> پسماندها را در چهار گروه آتشگیر، خورنده، واکنش پذیر و سمی طبقه بندی می کنند. تا آنجا که ممکن است پسماندها را نباید در سینک آزمایشگاه خالی کرد چون برخی مواد شیمیایی با آب واکنش خطرناک می دهند (مانند سدیم) و برخی دیگر به لحاظ خلصت سبک تر از آب هستند و برروی آن باقی می مانند در این حالت ممکن است در اثر ریختن پسماند ثانوی و ناسازگار خطر ایجاد شود. اگر اشتباهاً یک حلال آتشگیر، اسید یا باز قوی درون سینک ریخته شد جریان آب سرد را برروی آن باز کنید و آب گرم را در این حالت به کل فراموش نمایید.

پسماندها را باید براساس ماهیت شیمیایی آنها در ظروف مخصوصی جدا کرد مثلاً به طور کلی می توان ظروف مخصوص از جنس پلی اتیلن سنگین را با درج برجسب برای پسماندهای اسیدی، پسماندهای بازی، پسماندهای حاوی فلزات سنگین، پسماندهای حاوی حلالهای آلی، پسماندهای حاوی حلالهای آلی هالوژنه و

<sup>۱</sup> environmental protection agency (EPA)

پسماندهای حاوی سموم دسته بندی نمود. در خصوص پسماندهای حاوی حلال ها به ضخامت ظرف و دمای نگهداری ضایعات باید دقت نمود تا از تجمع گاز بالای سطح مایع و انفجار جلوگیری شود. اگر یک پسماند دارای چند جزء باشد معمولاً شناسایی آن براساس جز غالب در نظر گرفته می شود. هنگام نگهداری پسماندها باید عدم انطباق مواد شیمیایی باهم را در نظر داشته داشت مثلاً ضایعات اسیدی و بازی هیچگاه نباید در یک ظرف نگهداری شوند.

پس از آنکه ۳/۴ ظرف نگهداری پسماند پر شد باید از آزمایشگاه خارج شود. بهترین راه برای معدوم کردن پسماندهای شیمیایی انعقاد قرارداد با شرکت هایی است که دارای تجهیزاتی برای امحاء مواد شیمیایی هستند. اگر با این شرکت ها قراردادی تنظیم کنید ممکن است دستورالعمل ویژه ای برای جمع آوری ضایعات و نحوه ی نقل و انتقال به شما ارائه دهند. اگر به این شرکت ها دسترسی نبود باید مواد پسماند را همراه با ظرف خود در نقطه ای بسیار دور از جمعیت انسانی در زیر زمین و در حفرة ای با عمق مناسب چال کرد. بهتر است حفرة با سیمان اندود شده به گونه ای که امکان نشستی پسماندها و ورود احتمالی آنها به سفره های آب زیرزمینی یا سطح زمین وجود نداشته باشد. پس از دفن این مواد باید محل را با درج علامت خطر مشخص و احتیاطهای ایمنی و هشدارهای لازم را قید نمود. هرگز پسماندها را در رودخانه یا دریاچه یا سایر منابع بزرگ آبی نریزید در این حالت تاوان سنگینی را به خاطر صدمه به محیط زیست خواهید داد. شاید لازم باشد قبل از امحاء مواد پسماند با ادارات حفاظت محیط زیست و شهرداری مشورت داشته باشید.

فصل سوم

## مدیریت تجهیزات آزمایشگاهی



۳-۱ راهنمای خرید تجهیزات آزمایشگاهی<sup>۱</sup>

یکی از دغدغه های اصلی پرسنل آزمایشگاه وجود تجهیزات مناسب در محدوده کاری مورد نظر است. تامین منابع مالی شاید مهمترین چالش پیش روی در تامین ملزومات باشد چه آنکه برخی مواقع نیز حالت عکس اتفاق می افتد یعنی با وجود وفور منابع مالی و تجهیزات کافی متأسفانه استفاده مطلوبی از آن ها صورت نمی گیرد و در بدترین حالت دستگاه ها را کد باقی مانده به گونه ای که حتی گارانتی و خدمات پس از فروش آنها نیز به پایان می رسد. عدم وجود خط مشی مناسب در امر خرید معمولاً باعث سردرگم شدن خریدار می شود در این بین برخی شرکت های سودجو با دارا بودن بازاریاب های حرفه ای و ارائه پیشنهادات اغواء کننده به ارائه تجهیزات آزمایشگاهی بدون ارائه خدمات پس از فروش مناسب مبادرت می ورزند در این حالت امکان آنکه تجهیز تهیه شده مذکور متناسب با گستره فعالیت آزمایشگاه نباشد زیاد است. ضعف اصلی در این موارد قرارداد ناقص یا غیر حرفه ای و عدم در نظر گرفتن الزامات حقوقی است به شکلی که گاهی دیده می شود پیش فاکتور یک دستگاه به منزله قرارداد تلقی می شود!

وجود زیر ساخت های لازم یکی از شروط اساسی در تهیه یک تجهیز خواهد بود مثلاً قبل از آنکه یک ترازوی حساس را خریداری کنید باید تمهیدات ویژه ای از قبیل میز ضد لرزش را در آزمایشگاه تهیه کرده باشید. یکی از عوامل برای بهره گیری بهینه از تجهیزات آزمایشگاهی چه در مرحله ی تجهیز و چه در مرحله راه اندازی و چه در مرحله استفاده، وجود نیروی انسانی کارآموده است. آموزش چنین فردی معمولاً زمان زیادی می طلبد و نیاز به سرمایه گذاری زیادی دارد. بسیار رخ داده که مواد و تجهیزاتی که با هزینه های هنگفت خریداری شده اند توسط پرسنل غیر ماهر از بین رفته اند. لذا توصیه می شود همواره اطلاعات تئوری و عملی خود را در رابطه با تجهیزات آزمایشگاهی ارتقا دهید. یکی دیگر از مشکلاتی که در رابطه با تجهیزات آزمایشگاهی اتفاق می افتد ضعف پشتیبانی مالی برای تعمیر و نگهداری است. فرایند استفاده ی بهینه از یک دستگاه فقط شامل خرید و نصب آن نیست چه آنکه برای به اصطلاح سرپا نگه داشتن آن ممکن است به طور مستمر نیاز به هزینه داشته باشد به عنوان نمونه دستگاه های حساس تجزیه ای از قبیل GC یا کروماتوگرافی گازی، HPLC یا کروماتوگرافی مایع با عملکرد بالا و AA یا جذب اتمی و... سیستم هایی هستند که باید به طور مداوم به لحاظ سخت افزاری بررسی شوند تا صحت عملکرد آنها تضمین گردد. چالش بزرگ دیگر عدم وجود سرویس کاران حرفه ای و مجرب در نمایندگی های فروش تجهیزات است. وقتی یک دستگاه به هر دلیل از کار می افتد و شرکت پشتیبان به بهانه های مختلف از انجام تعهدات خود سرباز زند در این حالت معمولاً پیگیری های انجام شده از طرف آزمایشگاه به نتیجه نمی رسد و تنها راه باقی مانده هزینه ای هنگفت برای

<sup>۱</sup> مقاله ای از رضا اسدی فرد- شبکه آزمایشگاههای نانو-با تصرف و ویرایش محتوا

خرید یک دستگاه جدید یا حداقل قرارداد پشتیبانی با یک شرکت دیگر است بنابراین پیشنهاد می شود خرید دستگاه و انجام سرویس از شرکتهایی انجام گیرد که سابقه و توان فنی کافی و به اثبات رسیده در این خصوص دارند.

### در یک فرآیند خرید معمولاً چه مواردی باید لحاظ شود؟

در بحث خرید تجهیزات بالاخص تجهیزات گران قیمت و حساس اولین کار نیاز سنجی و رسیدن به قطعیت کافی برای خرید آن تجهیز است. از آنجا که اکثر تجهیزات آزمایشگاهی توسط تولید کنندگان متفاوت داخلی یا خارجی عرضه می شود این سوال پیش می آید که در نهایت باید از کدام یک خریداری انجام شود؟ همواره یک نکته ی کلی را در نظر بگیرید که تهیه ی یک جنس از شرکت اصلی معمولاً تا ۳۰ درصد در هزینه های شما صرفه جویی خواهد کرد. معمولاً شرکت ها نمایندگی مجاز دارند. در این حالت می توانید مستقیماً هم جنس را با قیمت کمتر (نسبت به خرید از واسطه ها) خریداری نموده و نیز از خدمات پشتیبانی مناسب بهره مند گردید. دسته دیگری از عرضه کنندگان تجهیزات آزمایشگاهی گستره کاری وسیعی از دستگاه ها و در زمینه های کاری مختلف را عرضه می کنند که اصطلاحاً به آن ها عرضه کننده<sup>۱</sup> می گویند. توصیه می شود اگر وسیله ای که می خواهید خریداری کنید احتیاج به تعمیر و سرویس خاصی ندارد آن را از عرضه کننده ها تهیه نمایید. وسایلی از قبیل داماسنج و شیشه آلات از این دسته هستند.

تجربه ثابت کرده است در برخی لوازم آزمایشگاهی پرکاربرد مانند آون، انکوباتور، اتوکلاو، همزن، بن ماری و ... اختلاف قیمت تا حدود ۳ برابر بین تولیدات داخلی و خارجی وجود دارد لذا در صورتی که شرایط کاری مناسب رعایت شود می توان با خیال راحت از محصولات تولید داخل استفاده کرد. همچنین ممکن است مشکلات فنی و خرابی برای دستگاه اتفاق بیفتد که در این حالت نیز با توجه به فراوان بودن قطعات یدکی در دسترس تولیدات داخلی، خرید آنها بسیار به صرفه خواهد بود. در برخی لوازم پر مصرف و حساس آزمایشگاه های تجزیه نیاز است اولویت با دقت و صحت عملکرد باشد تا تنوع سازنده به عنوان نمونه ترازوهای تجزیه ای از جمله مواردی هستند که دقت و کیفیت ساخت آن ها بسیار زیاد در جواب نهایی آزمون تأثیرگذار است در این حالت هر چقدر هم برای خرید یک جنس معتبر پرداخت کنید ضرر نخواهید کرد.

<sup>۱</sup> supplier

## دقت در عقد قرارداد با شرکت های عرضه کننده ی تجهیزات

در زمینه ی خرید تجهیزات آزمایشگاهی یکی از موارد مهم مدت تضمین<sup>۱</sup> و خدمات پس از فروش<sup>۲</sup> است که باید حداقل یک سال برای تضمین و ۷-۱۰ سال برای خدمات پس از فروش در نظر گرفته شود. اخذ تضمین های کافی برای تحویل سالم دستگاه، مطابقت مشخصات آن با قرارداد و نیز انجام درست مراحل نصب و راه اندازی بسیار حائز اهمیت است. برای تضمین انجام خدمات گارانتی و پس از فروش برای دستگاههای خیلی گران قیمت می توانید پیش بینی اخذ سفته و چک به مبلغ درصد مشخصی از مبلغ کل قرارداد از فروشنده را انجام دهید. قبل از هرگونه قراردادی می توانید رزومه کامل شرکت را دریافت کنید همچنین لیست خریداران سابق شرکت و نیز شماره تماس آنها را هم تحویل گرفته و در مورد کالا یا تجهیز از کاربران آنها استعلام نمایید.

## دقت در انتخاب لوازم جانبی

در انتخاب تجهیزات آزمایشگاهی باید توجه شود تجهیزات جانبی متناسب با نیاز از یک دستگاه سفارش داده شود. در مورد دستگاه های حساس آزمایشگاهی تجزیه از قبیل GC, HPLC, یا AA بسته به کاربرد آنها در حوزه های مختلف مانند صنایع غذایی، جرم شناسی، زمین شناسی، نفت و ... ممکن است شرکت سازنده قطعات و لوازم جانبی مختلفی را به عنوان گزینه<sup>۳</sup> بر روی دستگاه مادر ارائه دهد. در این حالت سعی کنید تمامی ابزار آلات ممکن که به انجام یک تجزیه سریع و دقیق کمک می کنند را خریداری نمایید از طرفی دیگر برخی لوازم پرمصرف که احتمال خرابی آنها بیشتر است را حتما به عنوان یدکی تهیه کنید. در هنگام خرید، کاتالوگ ها و اطلاعات فنی کامل را از نمایندگی فروش دریافت نمایید. برای اینکه بدانید چه لوازم جانبی برای چه کاربردی مناسب هستند می توانید به سایت شرکت سازنده مراجعه یا از افراد خبره کسب اطلاع نمایید.

## نظارت بر سلامت فرآیند خرید تجهیزات

یکی از ایرادات عمده در زمینه ی فروش تجهیزات وجود روابط ناسالم مانند ارائه ی پیشنهادات مالی قابل ملاحظه به مامور خرید از طرف برخی شرکت ها است به این خاطر مدیران بالادستی باید در جهت حذف روابط ناسالم موارد لیست شده را رعایت کنند:

<sup>1</sup> guaranty

<sup>2</sup> warranty

<sup>3</sup> option

- انتخاب افراد امین از مجموعه خود به عنوان خریدار
- نظارت مستمر بر فرآیند خرید و بررسی مستندات آن.
- تایید مدل، تجهیزات جانبی و قیمت تجهیزات آزمایشگاهی توسط یک کارشناس خبره خارج از مجموعه
- استعلام قیمت از شرکت های مختلف و بررسی علمی و دقیق شرایط فروش

چند سالی است نمایشگاهی تحت عنوان "تجهیزات و مواد آزمایشگاهی ساخت ایران" برگزار می شود که در آن شرکتهای ایرانی تولید کننده با تخفیف ویژه محصولات خود را عرضه می کنند به علاوه از طرف معاونت علمی و فن آوری ریاست جمهوری برای خریداران طرح های حمایتی مالی ویژه ای در نظر گرفته شده است. در ادامه تعدادی از تجهیزات آزمایشگاه تجزیه شیمیایی به همراه تولیدکنندگان داخلی و خارجی بدون در نظر گرفتن ارزش تجاری و تبلیغاتی و به عنوان نمونه معرفی می شوند:

نام تجهیز	تولیدکننده داخلی	تولیدکننده خارجی	توضیحات
سکوبندی	سکو تجهیز آزما آذرپارس تجهیز آسکیلان لب	-	-
انواع هود	ژال تجهیز قطران شیمی تجهیز	-	شیمیایی و میکروبی
شیشه آلات/ لوازم پلاستیکی	پیرکس فن صنعت پردازان شیشه پارس	Isolab Simax Witeg Brand	شیشه آلات حجمی اندازه گیرنده کلاس A دارای گواهی از شرکت سازنده باشند.
ترازو دیجیتال آزمایشگاهی	کیا ارس پند توزین الکتریک	Sartorius AND Shimadzu Ohanus Mettler- Toledo	-
pH متر / هدایت سنج	لابترون ویژن پارس دلنا طب آزما	WTW Metrohm Jenway	-
لین / اتوکلاو / بن ماری / همزن / آب مقطر گیر / کوره	فن آزما گستر فاطر الکترونیک ریحان طب مبین طب یاسین	Memmert Fine tech Hittech Lab tech	-



-	Aqualytic Hatch Shimadzu Jenway	پیشرو پژوهش	کدورت سنج / فتومتر / اسپکتروفتومتر
-	Shimadzu Agilent Perkin- elmer Waters Young lin	طیف گستر فراز	کروماتوگرافی گازی / کروماتوگرافی مایع با عملکرد بالا
-	Shimadzu Perkin- elmer GBC	-	جذب اتمی / پلاسمای جفت شده ی القایی
-	Atago Index	تجهیزات آزمایشگاهی تهران	پلاریمتر / رفاکتومتر

### مدیریت تجهیزات مستقر در آزمایشگاه

پس از خرید و راه اندازی هر تجهیز باید ابتدا مطابق یک روش مدون آنرا مدیریت کرد در این روش مدون چگونگی کد گذاری، تهیه شناسنامه، دوره های کالیبراسیون و کنترل میانی، نحوه ی برخورد با خرابی ها و... برای همه تجهیزات آزمایشگاه باید ذکر شود. برای کد گذاری تجهیزات می توانید مثلا هر دستگاه را با یک کد چندبخشی از حروف و اعداد (مثلا pHmeter) مشخص نمایید به گونه ای که کد ها برای هر دستگاه منحصر به فرد باشد. کدها را توسط برچسب بر روی دستگاه ها بچسبانید. در مرحله دوم شناسنامه ای از تجهیز ایجاد (با استفاده از اطلاعات مندرج در کاتالوگ دستگاه) که در آن نام، کد، شماره سریال، تولید کننده، تاریخ خرید، شرایط محیطی کار، لوازم جانبی، تاریخ کالیبراسیون، کاربران و ... لحاظ خواهد شد. لازم است هر گونه خرابی پیش آمده برای دستگاه را با ذکر جزئیات ثبت نمایید. دستگاه هایی که خارج از سرویس هستند را با برچسب ویژه ای مشخص نمایید و برای این دستگاه ها پس از انجام تعمیر ابتدا از صحت عملکرد آن اطمینان حاصل نموده و پس از آن اقدام به استفاده عادی نمایید. در آخرین مرحله لیستی جامع از همه تجهیزات به همراه محل استقرار و کدهای آن ها ایجاد کنید تشکیل چنین پرونده ای به شما برای مدیریت و نظارت بر تجهیزات و اطمینان از صحت عملکرد آنها کمک خواهد کرد.

### ۳-۲ صلاحیت تجهیزات آزمایشگاهی<sup>۱</sup>

الزام اولیه همه تجهیزات آزمایشگاه از یک بالان ژوزه گرفته تا یک آون تا یک دستگاه جذب اتمی این است که می بایست متناسب با هدف به کار گرفته شده باشند. سایر فعالیت های آزمایشگاهی از قبیل اعتباربخشی روش ها و... نیز دارای پیش فرض عملکرد صحیح و استفاده درخور همه

<sup>1</sup> equipment qualification

تجهیزات به کار گرفته شده هستند. برای تحقق استانداردها و دستورالعمل‌هایی مانند GLP<sup>۱</sup>، ISO 9001 و ISO/IEC 17025 نیاز است که تجهیزات متناسب با هدف آزمون تهیه و مورد استفاده قرار گیرند. تایید صلاحیت یا اعتباربخشی تجهیزات<sup>۲</sup> فرآیندی رسمی است که تولید شواهدی مستند در خصوص متناسب بودن تجهیز با هدف تجزیه کرده و آن‌ها را در یک حالت کالیبره و آماده به کار حفظ می‌کند. این عمل طبیعتی رسمی دارد و می‌بایست شواهد مربوطه مستند شود لذا فرآیند کمی سختگیرانه تر نسبت به شرایط روتین استفاده از تجهیزات در اغلب آزمایشگاه‌ها خواهد بود. فرآیند تایید صلاحیت یا اعتباربخشی تجهیزات شامل چهار بخش می‌شود:

۱- شایستگی طراحی DQ<sup>۳</sup>

۲- شایستگی نصب IQ<sup>۴</sup>

۳- شایستگی عملیاتی OQ<sup>۵</sup>

۴- شایستگی کارایی PQ<sup>۶</sup>

#### تاییدگی طراحی DQ

مرحله برنامه ریزی جهت خرید یک دستگاه جدید یا قبل از آن که یک دستگاه موجود برای استفاده در کاری خاص مورد استفاده قرار گیرد. ملاحظاتی باید در نظر گرفته شود که چه تجهیزاتی مورد نیاز است به گونه‌ای که کاملاً مطابق هدف باشد.

#### تاییدگی نصب IQ

تاییدگی نصب برای یک تجهیز جدید مصداق پیدا می‌کند و شامل بررسی‌هایی است تا مشخص شود دستگاه به درستی و در شرایط محیطی توصیه شده نصب و واجد شرایط کارکرد است. این چک‌ها هم شامل سخت‌افزار و هم نرم‌افزار خواهند بود به علاوه جنبه‌هایی از شایستگی نصب ممکن است هنگامی که می‌خواهیم دستگاه را از محل فیزیکی خود به جای دیگری منتقل کنیم یا آنرا ارتقا دهیم دوباره بررسی شود.

<sup>1</sup> good laboratory practice

<sup>2</sup> equipment validation

<sup>3</sup> design qualification

<sup>4</sup> installation qualification

<sup>5</sup> operation qualification

<sup>6</sup> performance qualification

## شایستگی عملیاتی OQ

پس از نصب شایسته دستگاه نوبت به بررسی شرایط انجام کار دستگاه بر مبنای معیارهای مشخص است بدین معنی که شایستگی عملیات نشان می دهد که پارامترهای کلیدی عملکرد دستگاه در شرایط محیطی معین در راستای مشخصات فنی شرکت سازنده است و اختلاف غیرقابل قبولی بین پارامترهای انتخاب شده و مقادیر واقعی وجود ندارد. به عنوان مثال وقتی یک پمپ بر روی جریان  $1 \text{ ml/min}$  تنظیم شده باشد و مقدار واقعی جریان بدست آمده از پمپ با در نظر گرفتن تolerانس  $5\%$  بین  $0.95 \text{ ml/min}$  تا  $1 \text{ ml/min}$  محاسبه گردد، این حالت نشان می دهد اختلاف قابل ملاحظه ای در شرایط عملکردی دستگاه وجود ندارد.

## شایستگی کارایی PQ

شایستگی کارایی دو هدف عمده را دربر دارد در ابتدا شایستگی کارایی جهت نشان دادن این مطلب است که تمامی دستورالعمل ها و اجزای دستگاه به خوبی و به درستی کار می کنند متعاقباً شایستگی کارایی جهت نشان دادن این مطلب به کار می رود که حتی اگر شرایط دستگاه در حال تغییر باشد مثلاً واشر پیستون پمپ در معرض ساییدگی قرار گرفته باشد بازهم کارایی موجود دستگاه منطبق بر هدف است. شواهدی که نشان دهنده کارایی درست دستگاه است هم می تواند از آزمودن یک دستگاه مستقل (مثلاً در یک دستگاه GC از ستون تست با مخلوط استاندارد استفاده می شود) یا از بررسی مربوط به یک روش مانند ارزیابی های شایستگی سیستم، کالیبراسیون و کنترل کیفی تجزیه ای حاصل آید. در یک جمع بندی کلی DQ فقط یک بار و فقط وقتی دستگاه خریداری می شود یا یک دستگاه موجود جهت انجام یک کار خاص در نظر گرفته می شود، انجام می گردد. IQ معمولاً یکبار آن هم وقتی دستگاه تحویل داده می شود یا از محل خود جابجا می گردد کاربرد دارد. OQ معمولاً پس از نصب دستگاه انجام می گیرد. انجام OQ وابسته به فاکتورهای متعددی است که برخی از آن ها شامل بحرانی بودن کارایی دستگاه، میزان استفاده از دستگاه، طبیعت مواد و شرایط محیطی کاربری دستگاه و توصیه های سازندگان می باشد. توصیه می شود OQ پس از هر بار سرویس دستگاه انجام گیرد. برای انجام PQ حدود آستانه که خارج از آن کارایی دستگاه غیر قابل قبول است باید از قبل مشخص شود و در نهایت هر کدام از مراحل صلاحیت تجهیزات لازم است به خوبی مستندسازی و بایگانی گردد.

## ۳-۳ کالیبراسیون تجهیزات

کالیبراسیون مجموعه عملیاتی است که تحت شرایط مشخص میان عدد نشان داده شده ی یک دستگاه یا یک سیستم و مقدار متناظر آن که از استانداردهای اندازه گیری حاصل می شود، رابطه برقرار می کند. کالیبراسیون این امکان را می دهد که میزان تصحیحات لازم را نسبت به مقدار قرائت شده از دستگاه تعیین

کنیم. کالیبراسیون در واقع ایجاد نظامی موثر به منظور کنترل صحت و دقت پارامترهای مربوط به دستگاه های آزمون و وسایل اندازه گیری موجود در آزمایشگاه می باشد.

دستگاه های اندازه گیری باید به طور دوره ای کالیبره شوند. گذشت زمان، فرسودگی و حوادث غیر قابل پیش بینی باعث می شوند پاسخ های ارائه شده زیر سوال رفته و نیازمند تایید مجدد باشند. اصولاً کالیبره کردن تمام دستگاه های آزمایشگاه لازم نیست، به عنوان مثال در ابزارهای تشخیصی با پاسخ هایی فاقد اطلاعات عددی نیازی به کالیبراسیون وجود ندارد ولی سیستم هایی که اطلاعات عددی دارند چه ساده باشند مانند ارقام قرائت شده یک دماسنج و چه پیشرفته مانند اطلاعات مربوط به طول موج یک دستگاه اسپکتروفتومتر، حتما نیاز به کالیبراسیون وجود دارد.

به طور خلاصه دستاورد کالیبراسیون تجهیزات شامل موارد زیر خواهد بود:

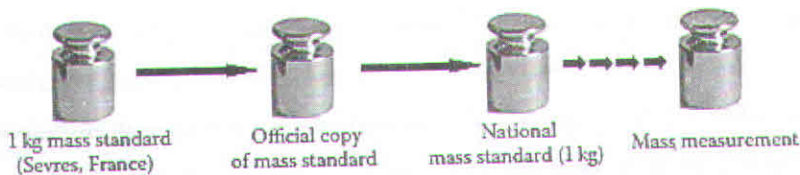
۱. افزایش احتمال به دست آوردن نتایج درست و صحیح در اندازه گیری
۲. جوابگویی در دعاوی حقیقی و حقوقی
۳. اخذ گواهی نامه های استاندارد مدیریت کیفیت

### قابلیت ردیابی اندازه گیری

قابلیت ردیابی<sup>۱</sup> شامل ارتباط دادن مقدار یک نتیجه اندازه گیری با مراجع ملی یا بین المللی از طریق زنجیره پیوسته ای از مقایسه ها است و کالیبراسیون تنها راه برقراری این گونه قابلیت ردیابی است. به عنوان مثال وقتی در آزمایشگاه خود ترازویی را کالیبره می کنید، در حقیقت از وزنه های استاندارد استفاده شده است که خود آنها با وزنه های بسیار دقیق تری چک شده اند و همین طور الی آخر تا به یک مرجع بین المللی و مورد قبول همه برسیم. برای سایر کمیت ها (مانند طول، زمان و...) نیز وضعیت مشابهی برقرار است یعنی قابلیت ردیابی یکای آنها یا به یک ماده ی پذیرفته شده یا به یک اصل خدشه ناپذیر فیزیکی (مثل اینکه نور فاصله ۲۹۹۷۹۲۴۵۸ متر را در یک ثانیه طی می کند!) برمی گردند.

<sup>۱</sup> traceability





شکل ۳-۱ قابلیت ردیابی اندازه گیری در کمیت جرم

### طبقه بندی تجهیزات از لحاظ کالیبراسیون

به طور معمول ۳ دسته بندی برای تجهیزات آزمایشگاه از نظر کالیبراسیون وجود دارد. دسته اول تجهیزاتی که اندازه گیر نبوده و نیاز به کالیبراسیون ندارند مانند آب مقطرگیر، هیتر بدون دماسنج و ... دسته دوم تجهیزاتی که قبل از هر بار استفاده توسط کاربر باید کالیبره شوند مانند pH متر. دسته سوم تجهیزاتی که باید توسط مراکز معتبر و مورد تایید موسسه استاندارد و یا توسط خود کاربر در دوره های زمانی مشخص کالیبره شوند مانند ترازو، انکوباتور، آون و ...

### مراحل انجام کالیبراسیون و کنترل های میانی

کالیبراسیون به دو صورت خارجی (توسط شرکتهای مجاز) و داخلی (کنترل میانی درون آزمایشگاه) قابل انجام است. در اغلب موارد باید هر دو شیوه را برای اطمینان از صحت عملکرد دستگاهها به کار برد. از آنجا که انجام فرآیند کالیبراسیون هزینه بر است باید تعادلی مابین تاییدات مکرر و هزینه برقرار کرد. عوامل بسیاری در تعیین دوره کالیبراسیون هر تجهیز مؤثرند که مهمترین آنها شامل نوع تجهیز، توصیه سازنده تجهیز، روند داده های بدست آمده از کالیبراسیونهای پیشین و کنترل های میانی، شرایط محیطی، دقت و صحت قابل حصول از دستگاه و ... است. به طور کلی دوره کالیبراسیون اکثر تجهیزات حدود ۱ سال در نظر گرفته می شود. ولی مراجعی مانند DAKKS (استاندارد آلمان) و UKAS (استاندارد انگلستان) برای تجهیزات مختلف، توالی های گوناگونی از ۳ ماه یکبار به بالا در نظر گرفته اند. یکی از عوامل بسیار مهم در چک کردن عملکرد دستگاه ها و نیز تعیین توالی کالیبراسیون، کنترل های میانی هستند. این کنترل ها معمولاً توسط کاربران دستگاه ها انجام می گیرد به عنوان نمونه برای این که یک ترازو کنترل میانی شود معمولاً یک جعبه حاوی استانداردهای توزین کلاس E2 احتیاج است. کاربر هر روز پیش از استفاده از ترازو و با رعایت تمام استانداردهای توزین، عمل وزن کردن را با یک جرم استاندارد انجام داده و عدد قرائت شده از دستگاه را با مقدار اسمی جرم وزنه مقایسه می نماید. داده های بدست آمده باید میانگین حداقل ۳ بار تکرار باشند. در نهایت میانگین پاسخ ها در یک نمودار x-y قرار می گیرند. (به بخش نمودارهای کنترلی در صفحه ۱۵۴ مراجعه کنید). در قسمت x روزهای تست و در قسمت y میانگین جوابهای قرائت شده از دستگاه، علامت گذاری می شود. نوسان های

بدست آمده با مقدار استاندارد عددی هر وزنه مقایسه می شود یعنی اگر در طول یک هفته مثلاً برای وزنه 20g مقادیر قرائت شده دستگاه به گونه ای از مقدار ذکر شده منحرف باشد که در صحت آزمون اثر گذار باشد باید بلافاصله استفاده از وسیله را متوقف نموده و درخواست تعمیر داد. پس از تعمیر دستگاه عملیات کالیبراسیون باید به وسیله ی شرکت مجاز انجام گیرد. دقت کنید ۳ واژه ی کلیدی تعمیر<sup>۱</sup>، تنظیم<sup>۲</sup> و کالیبراسیون<sup>۳</sup> با یکدیگر تفاوت ماهوی دارند. به عنوان نمونه اگر هدف کالیبره کردن یک ساعت مچی عقربه ای باشد تا وقتی که خرابی قابل ملاحظه ای وجود داشته باشد انجام کالیبراسیون بی مورد و غیر منطقی است در این حالت اول باید عمل تعمیر انجام شود و پس از اطمینان از کارایی، عمل تنظیم صورت می گیرد. حالتی که شما عقربه های ساعت را با اخبار به اصطلاح تایم می کنید در حقیقت تنظیم انجام شده است. در قسمت آخر این ساعت را کالیبره می کنید یعنی مقدار دقت و صحت زمان نشان داده شده را با مقدار عددی خطا نشان دهید در این حالت یک شرکت کالیبره کننده، کریستال کوآرتز ساعت را که ضربان هایی با توالی یک ثانیه تولید می کند، مورد سنجش قرار داده و در مقایسه با یک استاندارد سطح بالاتر میزان خطا را برحسب میلی ثانیه مشخص می کند با این کار ساعت شما کالیبره شده و می توانید مقدار انحراف آن را بر حسب دقیقه، ساعت و حتی روز محاسبه نمایید. همچنان که گفته شد انجام کنترل های میانی به شما کمک می کند بهترین زمان را برای کالیبراسیون و دریافت تاییدیه صحت عملکرد پیدا کنید. یعنی اگر در یک ترازو که به طور سالانه کالیبره می شود داده های کنترل میانی نشان دهند، انحرافات زیادی در حال به وقوع پیوستن است می توان حتی دوره کالیبراسیون چنین دستگاهی را به سه ماه یکبار تقلیل داد.

### عیارهای انتخاب یک شرکت برای کالیبراسیون

الف- نوع کمیت ب- نوع تجهیز ج- داشتن مجوز معتبر د- هزینه ها ه- تجربه و حسن سابقه هر شرکتی داخلی که کالیبراسیون انجام می دهد باید مجوز لازم را از نظام تایید صلاحیت ایران (از زیر مجموعه های سازمان ملی استاندارد ایران) دریافت کرده باشد. در آدرس اینترنتی سایت موسسه استاندارد می توانید برحسب کمیت اندازه گیری به آدرس، شماره تلفن و دامنه عملکرد تعداد زیادی از این گونه شرکتها دسترسی پیدا کنید که نحوه دسترسی به آنها در ذیل آمده است:

۱. مراجعه به آدرس [www.isiri.org/Portal/Home](http://www.isiri.org/Portal/Home)

۲. انتخاب همکاران سازمان

<sup>1</sup> repair

<sup>2</sup> adjust

<sup>3</sup> calibration

۳. انتخاب آزمایشگاه‌های همکار


۴. کلیک بر روی آزمایشگاه‌های کالیبراسیون تایید شده بر اساس استاندارد ۱۷۰۲۵

هر شرکت دارای یک BMC<sup>۱</sup> یا بهترین توان اندازه‌گیری است که در گواهی نامه اعتبار کالیبراسیون آنها آمده است. هنگام کالیبراسیون دقت داشته باشید BMC شرکت باید کمتر از BMC اندازه‌گیری شما باشد به عنوان مثال اگر شما از دماسنج‌هایی با دقت  $\pm 0.1$  درجه استفاده می‌کنید حال آن که BMC شرکت برای کمیت دما  $\pm 0.8$  درجه باشد، این شرکت نمی‌تواند کالیبراسیون ابزار شما را انجام دهد. حداقلی که یک شرکت کالیبره‌کننده پس از عقد قرار داد باید برای شما انجام دهد شامل دارا بودن پرسنل واجد شرایط، به کارگیری تجهیزات کالیبره‌کننده مطابق درخواست مشتری، انجام کالیبراسیون ترجیحاً در محل مشتری و ارائه گواهی معتبر کالیبراسیون شامل شناسه انحصاری تجهیز، خطای تجهیز، عدم قطعیت اندازه‌گیری با سطح اطمینان مشخص، شرایط محیطی کالیبراسیون، قابلیت ردیابی، روش معتبر کالیبراسیون و ... است. در نهایت پس از انجام کالیبراسیون توسط شرکت مجاز، برای هر تجهیز یک گواهی به همراه برچسب کالیبراسیون ارائه می‌گردد که باید آنرا بر روی دستگاه نصب کرد. آنچه که کاربر دستگاه از یک گواهی کالیبراسیون برداشت خواهد کرد، صحت پاسخ ارائه شده از دستگاه و نیز تکرار پذیری (دقت) نتایج به همراه عدم قطعیت کلی اندازه‌گیری است. در فصل ششم بحث مفصلی در باره چیسستی عدم قطعیت و نحوه‌ی محاسبات آن خواهد شد. اگر مقادیر خطاهای گزارش شده در گواهی کالیبراسیون کمتر یا مساوی خطاهای مجاز هر دستگاه (بر اساس کاتالوگ، یا روش آزمون، یا یک مقدار استاندارد) باشد می‌توان ادامه کار دستگاه را با برچسب سبز مشخص کرد. در صورتی که برخی مقادیر دچار ابهام باشد با برچسب نارنجی و در صورتی که خطاهای گزارش شده بیش از حد مجاز باشد دستگاه با برچسب قرمز مشخص شده و تا انجام عملیات تعمیر (repair) و تنظیم (adjust) و در نهایت کالیبراسیون مجدد نباید مورد استفاده قرار گیرند. در انتها یادآور می‌شود که یک بایگانی از کلیه سوابق هر تجهیز از مرحله خرید تا تعمیر و کالیبراسیون داشته باشید.

<sup>1</sup> best measurement capability



Customer:	آزمایشگاه کنترل کیفی معاونت غذا و دارو دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز	نام متقاضی:			
Address:	اهواز - خیابان آزادگان - خیابان نظام وفا - بین رستگاری و آهنگری	آدرس:			
Customer Date & Order No.:	۸/۲/۹۱/۶۶۳۵ - ۱۳۹۳/۰۶/۳۱	تاریخ و شماره درخواست:			
Location of Calibration:	محل متقاضی - آزمایشگاه میکروبی	محل کالیبراسیون:			
Equipment:	Balance	Manufacture:	Sartorius		
Serial No.:	12110666	Code:	Mic.Bal.1		
Model:	BL 150 S	Type:	Digital		
Max Capacity / Resolution:	150 g / 0.001 g				
Standard Used:					
Description	Manufacturer	Model	ID	Certificate No.	Cal Due.
Weight Box	CMC	E 2	M-015	11000661	Jan 2015
Traceability: The reference standards (set of Weights, ZWIEBLE, ID, M-005, Class E2), and instrument used are traceable to recognized international standards, which realize the unit of measurement according to the international system of units (SI).					
Uncertainty: The reported expanded uncertainty is based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor K=2, providing a level of confidence approximately 95%. The reported uncertainty also includes resolution, hysteresis, repeatability and eccentricity of instruments. (base on EA/04-02)					
Environmental Conditions: Temperature: (+25 ± 3) °C      Relative Humidity: NA      Atmospheric pressure: NA					
Calibration Method: TI-TCM-01-A-M (based on OIML R 76, UKAS Lab. 14 and EUROMET/cg-18/v.02). All recorded results have been recorded after steady state conditions. This calibration method includes linearity (at least 10 weights), repeatability (approximate at 50% maximum range), eccentricity (approximate at 30% maximum range) and hysteresis.					

Linearity		Repeatability	Eccentricity			
Reference value (g)	Instrument reading (g)	Instrument reading (g)	Instrument reading (g)			
0.0000	0.000	69.999	2: 49.999			
0.1000	0.100	69.999	3: 50.000			
0.2000	0.200	69.999	4: 50.000			
0.5000	0.500	70.000	5: 49.999			
1.0000	1.000	70.000				
2.0000	2.000	70.000				
5.0000	5.000	70.000				
10.0000	10.000	70.000				
20.0000	20.000	70.000				
50.0000	50.000	69.999				
100.0000	100.000	SD : 0.5 mg				
150.0000	150.001	<b>Expanded Uncertainty: ± 0.0025 g</b>				
Hysteresis (g)	Without Load	100 g		150 g	100 g	Without Load
0.002	0.000	100.003		150.001	100.003	0.002

شکل ۳-۲ تصویر یک گواهی کالیبراسیون



### ۳-۴ نکات مهم جهت کار با برخی از متداولترین تجهیزات آزمایشگاهی

#### ترازوی حساس آزمایشگاهی

ترازوهای حساس آزمایشگاهی یا به طور عمده ترازوی تجزیه ای<sup>۱</sup> دسته ای از انواع ترازوها هستند که با استفاده از سنسورهای الکترومغناطیس و یک قسمت کنترل، عمل توزین را با دقت بسیار زیاد انجام می دهند. این گونه ترازوها تک کفه ای بوده و به علت حساسیت زیاد نسبت به جریان هوا و گرد و غبار توسط پنجره ای از جنس اکریلیک محافظت می شوند و ظرفیتی حداکثر حدود 250g و توانایی قرائت (رزولوشن یا دقت) 0.1-0.0001mg را دارند. یک ترازوی میکرو تجزیه ای می تواند ظرفیت توزین در حد 5g و توانایی قرائت در حد 1 μg داشته باشد! به طور کلی ترازوهای حساس را برحسب تعداد صفرهای پشت اعشار در صفحه ی نمایشگر خود نیز نام گذاری می کنند به طور مثال ترازویی که صفحه نمایشگر آن به صورت 0.0000 g باشد ترازوی تجزیه ای ۴صفر با توانایی قرائت 0.1 mg خواهد بود.



شکل ۳-۳ ترازوی چهار صفر تجزیه ای

برای توزین یک ماده ی شیمیایی ابتدا باید یک ظرف مناسب را برروی کفه ی ترازو قرار داد این ظرف ها را معمولاً قایق توزین می نامند که برحسب حالت فیزیکی ماده ی شیمیایی (جامد یا مایع) انواع مختلفی دارد. پس از قرارگرفتن ظرف توزین در وسط کفه ی ترازو (و بستن پنجره های محافظ اگر از ترازوهای چهار صفر و به بالا استفاده می کنید) دکمه ی tare یا صفر را فشار دهید در این حالت ترازو با وجود ظرف توزین مقدار صفر را نشان می دهد. پس از آن می توان مقدار مناسبی از نمونه را در ظرف توزین، وزن کرد. نوعی از توزین که برای مواد جاذب رطوبت کاربرد دارد، توزین تفاضلی است. در این حالت ابتدا ظرف در بسته حاوی مواد

<sup>۱</sup> analytical

شیمیایی خشک را توزین کرده سپس مقدار مشخصی از ماده شیمیایی را از ظرف را خارج می کنند پس از آن دوباره درب ظرف را گذاشته و مجدداً عمل توزین انجام می شود. اختلاف وزن مقدار ماده ای خواهد بود که از ظرف خارج شده است. در این کار سرعت عمل شرط لازم می باشد.

#### خطاهای توزین

نمونه ها باید قبل از توزین کاملاً به دمای محیط رسیده باشند. به عنوان مثال نمونه های گرم تر یا سردتر از دمای محیط با ایجاد اثر همرفت، جریان هوا ایجاد کرده و موجب خطا در توزین شود. برای نمونه هایی که در آن گرم شده اند قبل از توزین حداقل باید ۳۰ دقیقه در محفظه ی دسیکاتور به دمای محیط برسند. ترازوهای حساس به دلیل فرایند آماده شدن و تعادل سیستم (warm up) نباید بلافاصله پس از اتصال آنها به برق مورد استفاده قرار بگیرند بلکه با توجه به مشخصات مندرج در کاتالوگ آنها باید (حدود ۳۰ دقیقه) پس از اتصال به جریان برق از آنها استفاده کرد. ترازوهای حساس باید بر روی سطوح سنگین و محکم در حالت بدون ارتعاش و عدم وجود جریان هوا قرار گرفته و همواره از تراز بودن سطح دستگاه اطمینان حاصل کنید برای این کار باید حباب مایع نشانگر تراز (یا در مدل های جدیدتر توسط یک سیستم ژيروسکوپی) در مرکز دایره قرار داشته باشد معمولاً برای این کار از تنظیم ارتفاع پایه های ترازو استفاده می شود. برای توزین مواد مغناطیسی و نیز موادی که قابلیت انباشت الکتریسیته ساکن دارند باید تمهیدات ویژه ای چون استفاده از ظروف توزین شیشه ای یا قتری بلند (مانند آلومینیوم) که فاصله کافی نمونه از سطح کفه ترازو ایجاد می کنند به کار برده شود. سایر نکات عمومی جهت استفاده ی بهینه از ترازوهای حساس:

- < همواره با دقت از ترازوها استفاده کنید این وسایل بسیار حساس و ظریف هستند.
- < ترازوها احتیاج به سرویس دوره ای و کالیبراسیون دارند.
- < مواد شیمیایی از هر نوع که باشند نباید به طور مستقیم بر روی کفه ی توزین ریخته شوند.
- < از قرار دادن وزنه های خیلی سنگین بر روی کفه ی ترازو اجتناب کرده و از کار کردن در گستره توزین بالای ترازو خودداری کنید.
- < ترازو را همواره تمیز نگه دارید. اگر احیاناً خواستید آن را تمیز کنید از قلموی نرم استفاده کنید. لکه های موجود روی بدنه ترازو را می توانید با الکل اتیلیک تمیز نمایید.
- < در توزین های با دقت بالا هیچگاه نمونه را لمس نکنید! یک اثر انگشت پس از جذب رطوبت هوا وزنی معادل 400 mg خواهد داشت.
- < همواره قبل از استفاده از ترازو دفترچه ی راهنمای شرکت سازنده را مطالعه و نکات ذکر شده را ملاک عمل قرار دهید و به یاد داشته باشید یکی از اصول اولیه انجام یک تجزیه دقیق، توزین دقیق است.

## اصطلاحات مرسوم در کاتالوگ ترازو ها و مفاهیم آنها

**Weighing capacity:** ظرفیت توزین به معنای حداقل و حداکثر وزن قابل اندازه گیری است. مثلا

0.001 g – 200g

**Readability:** قابلیت قرائت یا رزولوشن یا دقت ترازو را بیان می کند. مثلا 1 mg . یک ترازو با قابلیت

قرائت 1 mg میتواند اختلاف توزین هایی در این حد را نشان دهد. دقت کنید قابلیت قرائت اصلا به معنی حداقل وزنی که یک ترازو می تواند به طور صحیح اندازه گیری کند نیست.

**Repeatability:** انحراف استاندارد مابین تکرارهای مشاهده شده مثلا  $\pm 0.01$  g

**Response time:** حداقل زمان برحسب ثانیه که باید قبل از قرائت وزن جهت ثابت شدن مقادیر در نظر

گرفت. مثلا 1.5 s

**Linearity:** محدوده واقعی پاسخ ترازو است. مثلا ترازویی که مقدار خطی بودن آن  $\pm 0.02$  g است و

همزمان قابلیت قرائت آن  $\pm 0.01$  g نیز است، عملا زیر مقدار  $\pm 0.02$  g را به طور دقیق نشان نمی دهد.

**Operating temperature range:** محدوده ی کاری مجاز جهت استفاده دستگاه مثلا ۱۰ تا ۳۰ درجه

سانتی گراد و رطوبت حداکثر ۶۰٪

**pH متر**

وسیله ای الکترونیکی است که برای اندازه گیری فعالیت یون هیدروژن ( $H^+$ ) در محلول استفاده می شود.

فعالیت یون هیدروژن متناسب با غلظت و ضریب فعالیت آن می باشد و چون ضریب فعالیت با دما تغییر

می کند لذا باید تصحیح دمایی هنگام قرائت انجام شود یا اینکه سیستم سنسور دما داشته باشد. به طور عمده

pH متر متشکل از یک ولتمتر حساس و یک الکترود شیشه ای مرکب است. الکترود شیشه ای مرکب خود

تشکیل شده از ۲ الکترود شاهد نقره-نقره کلرید و شناساگر شیشه ای است. در الکترود شاهد معمولا محلول

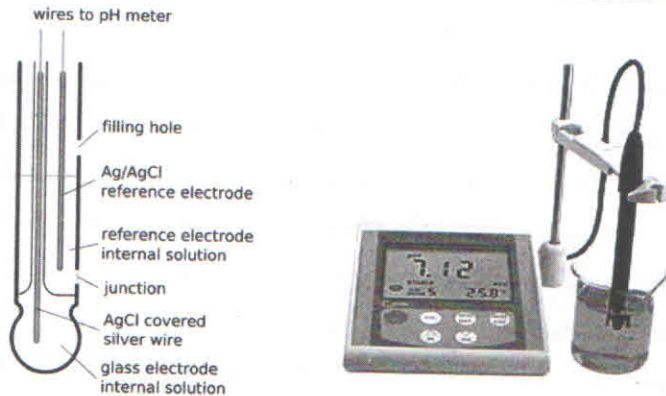
3M KCl قرار دارد. بخش داخلی الکترود شناساگر از بافر با  $pH=7$  پر شده است و با قرار دادن سطح

خارجی الکترود شناساگر در یک مایع مجهول و متناسب با تفاوت فعالیت  $H^+$  بیرون با  $H^+$  درون الکترود،

ولتمتر اختلاف پتانسیلی را ثبت می کند که در نهایت به صورت pH قرائت می گردد. ولتاژ تولید شده در ازای

تغییر یک واحد pH (مثلا از ۷ به ۸) حدود ۵۹.۲ میلی ولت است. به یاد داشته باشید مقیاس pH ، لگاریتمی

بوده یعنی هر واحد pH نسبت به واحد قبل یا بعد از خود ۱۰ برابر کمتر یا بیشتر است.



شکل ۳-۴ الکترود شیشه ای و pH متر آزمایشگاهی

دستگاه های pH متر انواع گوناگونی دارند. از مدل های آزمایشگاهی حساس که دقتی معادل ۰.۰۱ دارند تا مدل های پرتابل که از آن ها برای کاربرد های عمومی و غیر آزمایشگاهی استفاده می شود. جهت استفاده ی صحیح از یک pH متر حتما باید دستورات سازنده را مطالعه کنید ولی به شکل عمومی همه ی این دستگاه ها باید قبل از استفاده توسط دو یا سه بافر با pH مشخص کالیبره شوند.

#### نکات عمومی جهت استفاده از pH مترها

- < اطمینان از خشک نبودن بخش داخلی و خارجی الکترود شیشه ای: اگر این مورد مشاهده گردد باید بخش داخلی را با مقدار کافی 3M KCl پر نمود. دقت شود در برخی از انواع الکترودها از مواد ژلاتینی مخصوصی استفاده می شود که نیازی به افزودن KCl ندارند. بیرونی ترین سطح الکترود را در صورت خشک بودن باید ۲۴ ساعت در محلول 0.01M HCl غوطه ور کرده و پس از شستشوی کامل با آب مقطر و احیای آن مورد استفاده قرار داد. الکترودی که سطح خارجی آن مدت ها خشک بوده تا پیش از احیا نباید استعمال شود.
- < وجود سنسور دما به شکل مجزا یا پیوسته با الکترود برای انجام تصحیحات مربوطه
- < کالیبراسیون توسط بافرهای ۴ و ۷ pH یا ۴ و ۷ و ۱۰ pH مطابق دستورالعمل سازنده دستگاه
- < انجام شستشو الکترود با آب مقطر شامل ۱- قبل از کالیبراسیون ۲- در هر بار کالیبره کردن با بافرها ۳- پس از قرائت pH و خاتمه ی کار با دستگاه
- < نگهداری روزمره الکترود در محلول 3M KCl و جلوگیری از هرگونه ضربه، اصطکاک یا تنش حرارتی به آن



برای نظافت غشای بیرونی الکتروود می توانید اقدامات زیر را انجام دهید:

۱) در صورت کدر شدن می توانید ۳۰ دقیقه آن را در محلول 0.1M HCl قرار داده و قبل از استفاده کاملاً با آب مقطر بشویید. ۳) هرگونه آلودگی روغنی یا چربی را توسط محلول متانول ۷۵٪ و با استفاده از یک دستمال کاغذی تمیز به آرامی پاک کرده سپس الکتروود را چند ساعت در محلول بافر  $\text{pH}=4$  قرار دهید. بعد از طی این زمان و شستشو با آب مقطر الکتروود قابل استفاده خواهد بود.

سعی کنید  $\text{pH}$  محلول را در دمای محیط قرائت کنید. همچنان که گفته شد فعالیت یون هیدروژن با دما تغییر می کند لذا اگر دمای استاندارد ۲۵ درجه سانتی گراد در نظر گرفته شود به ازای هر درجه تغییر دما به نسبت مشخصی که بستگی به انواع الکتروود دارد  $\text{pH}$  می تواند از مقدار واقعی منحرف شود. در این حالت بهتر است از الکترودهایی استفاده کرد که درون آنها سنسور دما تعبیه شده است و قسمت الکترونیک دستگاه می تواند این تصحیحات را انجام دهد.

الکتروودها نیز مانند خود دستگاه های  $\text{pH}$  متر انواع بسیار گوناگونی دارند. اگر حوزه ی فعالیت خاصی را مد نظر دارید می توانید از الکتروود متناسب با آن استفاده کنید مثلاً الکتروودهای مقاوم به تغییرات زیاد درجه حرارت، الکتروودهای مقاوم در برابر سایش و الکتروودهای مخصوص برای اندازه گیری  $\text{pH}$  در محیط های چرب و دارای پروتئین بالا در دسترس هستند.

#### خطاهای قرائت $\text{pH}$

پتانسیل اتصال: در صورتی که ترکیب یونی محلول مورد سنجش  $\text{pH}$  با ترکیب یونی بافرها متفاوت باشد خطایی در حدود  $\text{pH}$  0.01 در قرائت مشاهده می شود.

خطای اسیدی: در محیط های بسیار اسیدی مقدار عددی  $\text{pH}$  قرائت شده بیشتر از مقدار حقیقی است این امر به علت اشباع الکتروود شیشه ای با  $\text{H}^+$  خواهد بود.

خطای بازی: در محیط های بازی قوی یا در محلول هایی که غلظت بسیار بالایی از یون سدیم دارد معمولاً مقدار عددی  $\text{pH}$  قرائت شده کمتر از مقدار حقیقی خواهد بود.

خطای تعادل: برای این که مقادیر عددی  $\text{pH}$  قرائت شده مقدار واقعی به خود بگیرد باید تعادل بین محلول و الکتروود شیشه ای را که در حدود ۳۰ ثانیه است در نظر داشت. در این حالت بهتر است قبل از رسیدن به تعادل کمی محلول را بهم زد و بعد از آن حداقل ۳۰ ثانیه سکون را اعمال کرد. در نهایت باید توجه داشت قرائت باید وقتی انجام شود که عدد  $\text{pH}$  روی نشانگر دستگاه ثابت شده باشد. در محلول های بسیار رقیق امکان دارد زمان تعادل طولانی تر شود.

شیشه آلات حجم سنجی<sup>۱</sup> در آزمایشگاه

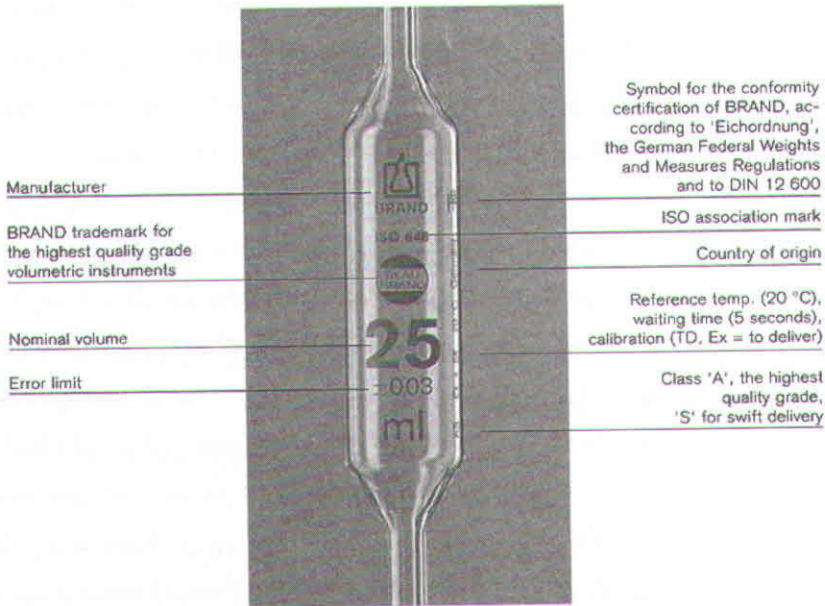
همانطور که برداشتن وزن دقیق و معینی از یک ترکیب اثر قابل ملاحظه ای در یک تجزیه می گذارد، حجم های دقیق نیز همان تاثیر را در نتیجه ی نهایی خواهند داشت. جهت تعیین حجم ها معمولا از شیشه آلات حجم سنجی استفاده می شود. دانستن نکاتی در خصوص ماهیت و اطلاعات مندرج بر روی این ابزار آلات به شما کمک شایانی خواهد کرد. شیشه آلات حجم سنجی در آزمایشگاه به طور کلی به دو دسته دربردارنده و اندازه گیرنده تقسیم می شوند. شیشه آلات دربردارنده مانند لوله آزمایش، بشر، ارلن و ... که فقط برای حمل و جا به جایی مایعات به کار می روند و شیشه آلات اندازه گیرنده شامل استوانه ی مدرج، بورت، پیپت مدرج و حبابدار (ژوزه) و بالن حجمی (ژوزه) و ... که از آنها برای اندازه گیری حجم کاملا مشخصی از یک مایع استفاده می شود. شیشه آلات آزمایشگاهی و به خصوص لوازم اندازه گیرنده به دو کلاس عمده ی A و B تقسیم می شوند. شیشه آلاتی که در آزمایشگاه تجزیه می بایست استفاده شوند حتما باید کلاس A باشند. شیشه آلات کلاس B معمولا دارای قیمت پایین تر و به همان نسبت دقت کمتری نسبت به کلاس A دارند. نوعی از کلاس A به نام AS<sup>۲</sup> برای لوازمی مانند بورت ها و پیپت ها به کار می رود در این نوع وسایل باریک بودن بدنه و سهولت در انتقال مایع شرط مهمی است که به این دلیل درجه بندی آن ها از نوع AS است. یکی از نکات مهمی که در مورد شیشه آلات آزمایشگاهی باید در نظر داشت برهم کنش برخی مواد شیمیایی با آنهاست به عنوان مثال هیدروفلوئوریک اسید (HF) شیشه را در خود حل می کند هر چند ممکن است شما مستقیما از این ترکیب در آزمایشگاه استفاده نکنید ولی به طور واضح ترکیب نمک های فلورید مانند سدیم فلورید و اسیدهای قوی تولید HF می کند. همچنین بازهای بسیار قوی مانند سود و پتاس به آرامی شیشه را در خود حل می کنند. اگر بازها در ظروف شیشه ای نگهداری شوند خلوص و نرمالیتیه ی آن ها در دراز مدت دچار تغییر می شود در این حالت توصیه می شود که ظروف پلی اتیلنی مخصوص جهت نگهداری بازها استفاده شود. پر کردن بورت با محلول های بازی به طور مکرر سبب سفت شدن شیر آن می شود در این حالت اولاً سعی کنید از شیر های تفلونی استفاده کرده ثانيا قبل از استفاده از بورت اطراف شیر آن را با گریس سیلیکونی چرب نمایید از این نوع گریس ها برای بستن هر نوع ست شیشه ای می توان استفاده کرد. یکی از نکات مهم در استفاده از شیشه آلات آزمایشگاهی کاربرد آنها در جایی که برای آن ساخته شده اند می باشد. به عنوان مثال شیشه آلات اندازه گیرنده (حجمی) مانند بالن ژوزه، استوانه مدرج و ... را هیچ گاه نباید دچار شوک حرارتی ( انقباض و انبساط) شدید نمود. لوازم حجمی آزمایشگاهی ممکن است از مواد پلیمری یا

<sup>1</sup> volumetric glassware<sup>2</sup> a-swift

شیشه ای ساخته شده باشند که خود مواد شیشه ای عمدتاً از نوع سودالیم<sup>۱</sup> یا بوروسیلیکات یا پیرکس هستند. به جهت اهمیت بیشتری که لوازم حجمی اندازه گیرنده در یک تجزیه دارند ادامه بحث را بر روی آنان متمرکز می کنیم.

بر اساس استانداردهای موجود هر ظرف حجمی باید حداقل دارای اطلاعات زیر به صورت حک شده باشد:

- (۱) حجم اسمی: یا حداکثر حجمی که بر اساس درجه بندی کارخانه سازنده قابل حصول است. واحد حجم معمولاً ml است.
- (۲) خطا یا تولرانس: میزان انحراف حجم ظرف از حجم اسمی در دمای ۲۰ درجه ی سانتی گراد که معمولاً به شکل  $\pm$  بعد از حجم اسمی درج می شود.
- (۳) سریال و نام شرکت سازنده



شکل ۳-۵ نشانه گذاری متداول یک پیپت ژوزه (حبابدار)

دو اصطلاح بسیار مهم بر روی لوازم حجمی درج می گردد اولی EX یا TD به معنی to deliver و دومی IN یا TC به معنی to contain است. شیشه آلای که با EX یا TD نشانه گذاری می شوند با در نظر گرفتن

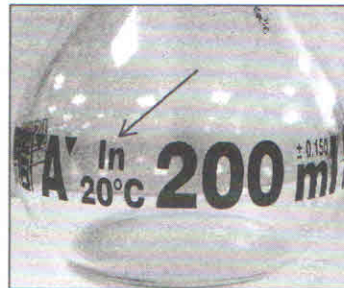
<sup>۱</sup> soda lime

مقدار مایع باقی مانده آن پس از تخلیه مدرج شده اند. به عنوان مثال تمامی پیت ها و بورت ها به شکل EX یا TD مدرج می شوند لذا پس از تخلیه مشاهده می کنیم بخش کوچکی در نوک آنها باقی می ماند. این قسمت را هیچگاه نباید خارج کرد چون باعث خطا در حجم می گردد.



شکل ۳-۶ پیت ژوژه با کالیبراسیون EX

در مقابل وسایلی مانند بالن ژوژه، استوانه مدرج و ... با نماد IN یا TC مدرج می شوند یعنی حجم اسمی این وسایل حجم مایع درونی آنهاست نه حجمی که پس از ریخته شدن مایع از آنها تحویل داده می شود. مثلاً یک بالن ژوژه که تا خط نشانه خود پر است اگر محتوای آن را در یک بشر خالی کنید مقدار مایع درون بشر قطعاً مقداری کمتر از حجم اسمی بالن خواهد بود.

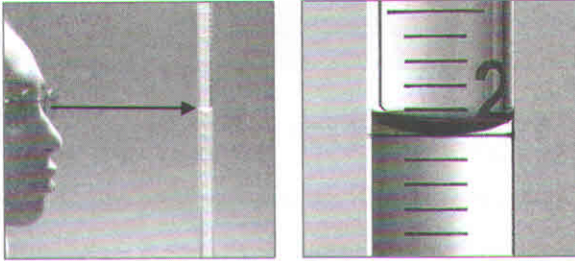


شکل ۳-۷ بالن ژوژه با کالیبراسیون IN

- نکاتی در مورد نحوه ی کار با بورت ها، پیت ها، بالن های ژوژه و استوانه مدرج
  - (۱) همواره اجتناب از شوک حرارتی (قرار گرفتن در دمای بالاتر از ۱۲۰ درجه) را برای این گونه ظروف جدی بگیرید. برخی مواقع تغییرات حجمی که به وقوع می پیوندند حالت برگشت ناپذیر دارند.
  - (۲) مایعاتی که درون این ظروف ریخته می شوند باید حتماً به دمای محیط رسیده باشند.
  - (۳) برای قرائت صحیح حجم ها باید به گونه ای به ظرف نگاه کنید که قسمت مقعر مایع دقیقاً در امتداد دید شما باشد در غیر این صورت خطای قرائت مربوط به اختلاف منظر رخ خواهد داد.
  - (۴) از این وسایل جهت نگهداری طولانی مدت مواد شیمیایی استفاده نکنید.

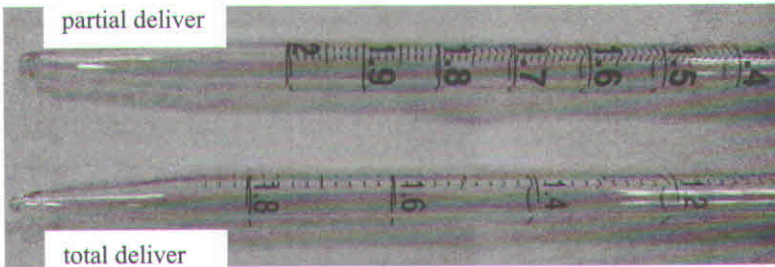


- ۵) قبل از استفاده از این ظروف بهتر است سطح داخلی آنها را با حجم اندکی از یا مایع مورد نظر کر (با ضمه کاف) داد.
- ۶) هنگام استفاده از پیپت ها و بورت ها هیچ گونه حباب هوایی نباید در مسیر وجود داشته باشد در صورت مشاهده با ضربات ممتد انگشت به بدنه ی ظرف آن ها را خارج کنید.



شکل ۳-۸ قرائت صحیح حجم

پیپت ها در آزمایشگاه به دو شکل مدرج و حباب دار (ژوزه) ساخته می شود. دقت کنید که برای ساختن محلول های استاندارد حتما از پیپت های ژوزه که دقت بالاتری دارند استفاده نمایید. پیپت های مدرج به دو گروه *total deliver* و *partial deliver* تقسیم بندی می شوند.



شکل ۳-۹ انواع پیپت های ۲ میلی لیتری مدرج

پیپت های *partial deliver* از نقطه ۰ تا حجم اسمی خود مدرج می شوند یعنی اگر حجم اسمی آنها ۲ ml است از ۰ تا ۲ مدرج می گردند. حال اگر بخواهید با این ابزار ۲ ml را انتقال دهید باید هنگام خروج مایع قسمت مقعر را بر روی عدد ۲ متوقف کنید. در پیپت های *total deliver* آخرین درجه معمولا کمتر از حجم اسمی است به عنوان مثال یک پیپت با این ویژگی که دارای حجم اسمی ۲ ml باشد از ۰ تا ۱/۸ مدرج شده است. برای انتقال ۲ ml مایع از این پیپت باید اجازه داد تا آخر عمل تخلیه انجام شود ولی دقت کنید حدودا یکی دو قطره ی انتهایی را که در نوک پیپت باقی می ماند را با فوت یا تکان دادن خارج نکنید. برای انتقال

مواد از طریق پیپت هنگام پر کردن آن از پوار استفاده کنید و جهت تخلیه پس از اتصال نوک پیپت با بدنه ظرف گیرنده و جدا کردن پوار اجازه دهید با نیروی جاذبه، مایع خارج گردد. بر روی پیپت ها و بورت ها زمان هایی بر حسب ثانیه (مثلا ۱۵ ثانیه) درج شده که به آن زمان تخلیه می گویند. پس از تخلیه ی کامل حجم مورد نظر باید حدود ۱۵ ثانیه زمان در نظر گرفت و بعد اقدام به برداشتن پیپت نمود.

#### تمیز کردن ظروف شیشه ای

برای حصول صحت و دقت پایدار در استفاده از ظروف حجمی سطوح داخلی و خارجی آن ها باید کاملا تمیز و بدون جرم و روغن باشد. برای شستشوی این وسایل می توان از دترجنت های عمومی مانند مایع ظرفشویی استفاده کرد. در صورتی که شیشه دارای آلودگی خاصی بوده که توسط روش قبل قابل برطرف شدن نباشد می توان پس از شستشوی عمومی آن را توسط یکی از روشهای زیر کاملا از آلودگی پاک نمود:

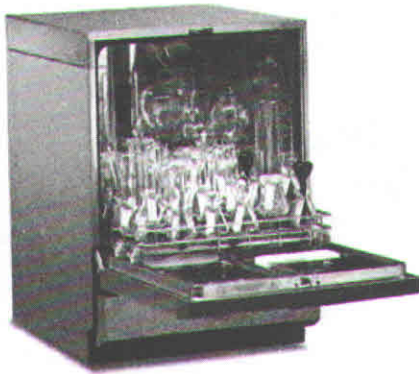
محلول قلیایی / اکسید کننده: شامل یک لیتر سود 1M به همراه 30 g پتاسیم پرمنگنات. پس از تماس شیشه با آن به مدت ۱ ساعت، شیشه ابتدا توسط محلول رقیق اگزالیک اسید شسته شده سپس با آب شیر کاملا تمیز می گردد. از این محلول تا وقتی قهوه ای رنگ نشده می توان چند بار استفاده کرد.

محلول اسیدی / اکسید کننده: برای تهیه 20 gr پتاسیم دی کرومات را در حدود 35 ml آب مقطر حل کرده و در زیر هود شیمیایی به آن آرام آرام یک لیتر سولفوریک اسید غلیظ اضافه نموده و با یک همزن شیشه ای هم بزنید. از این محلول تا وقتی سبز رنگ نشده می توان چند بار استفاده کرد.

پس از استفاده از هر یک از دو محلول فوق، شستشوی شیشه ها با آب شیر و سپس با آب دیونیزه انجام و بعد از آن در محل مناسبی گذاشته تا خشک شوند. لازم به تذکر است که به علت سمی و مخاطره آمیز بودن هر دو نوع محلول اسیدی و قلیایی مخصوص شستشوی شیشه آلات نهایت ایمنی و حفاظت شخصی را در هنگام تهیه و کار با آنها به خرج دهید.

برخی از کاتیون های چند ظرفیتی تمایل به چسبیدن به دیواره شیشه دارند لذا پیش از تهیه محلول های استاندارد فلزات و پس از خاتمه کار با آنها می بایست حتما ظروف شیشه ای مورد نظر را به مدت چند ساعت در محلول ۱۰ درصد نیتریک اسید غوطه ور کرده و پس از خارج کردن دوبار با آب دیونیزه شستشو را انجام داد. در برخی از آزمونها که در آنها استانداردهای سموم قارچی یا آفت کش به کار می رود می بایست ظروف پس از استفاده به وسیله آب ژاول (وایتکس) تمیز و در نهایت برای کامل کردن شستشو آنها را با شوینده های تجاری پاک نمود. اگر در آزمایشگاهی کار می کنید که بودجه مناسبی برای خرید در اختیار دارد می توانید از

ماشین های اتوماتیک شستشوی شیشه آلات آزمایشگاهی استفاده کنید. این دستگاهها دارای مخازن مختلف برای ورود انواع شیشه آلات و نیز گستره متنوعی از برنامه ها (مانند شستشوی اسیدی) هستند.



شکل ۳-۱۰ ماشین ظرفشویی آزمایشگاهی

## فصل چهارم

### نمونه برداری، انتخاب روش آزمون و نحوه ثبت داده ها



## ۴-۱ نمونه برداری

بر اساس تعریف استاندارد ISO/IEC 17025 نمونه برداری روش اجرایی معینی است که برطبق آن جزیی از یک ماده یا محصول برداشته می شود تا برای انجام آزمون معرف کل آن ماده یا محصول باشد. قبل از نمونه برداری یا حتی ترسیم نقشه ای برای نمونه برداری می بایست اهداف و مفاهیم تجزیه نمونه در نظر گرفته شود. متأسفانه اغلب نمونه برداری خارج از کنترل تجزیه گر قرار دارد با این وجود باید به خاطر داشت که نتایج تجزیه ممکن است به روش آزمون بستگی داشته باشد ولی همیشه تحت تاثیر چگونگی نمونه برداری قرار خواهد گرفت. آگاهی درباره این مطلب که عدم قطعیت نمونه برداری ممکن است در حدود دو سوم عدم قطعیت کل یک فرآیند آزمون (از برداشت نمونه تا تجزیه و صدور پاسخ) را شامل شود اهمیت دارد چه آن که هرگونه تلاش برای کاهش عدم قطعیت مرحله تجزیه تاثیر آنچنانی در کاهش عدم قطعیت کل نخواهد داشت. در اینجا دانستن برخی اصطلاحات نمونه برداری کمک شایانی در انجام یک طرح نمونه برداری اصولی خواهد داشت. یکی از این اصطلاحات توده<sup>۱</sup> است که می توانند اقسام و حالات مختلفی داشته باشد. کپه ای از مواد مانند بذرها، غبار بر روی یک سطح و کیسه های بارگیری شده در کشتی مثال هایی از این قبیل هستند. نکته کلیدی در خصوص موارد یاد شده این است که هیچکدام به شکل واحدهای قابل شناسایی مجزا از هم وجود ندارند برعکس اجناس بسته بندی شده در یک فروشگاه دارای واحدهای عددی قابل شناسایی هستند. در برخی موارد مواد توده ممکن است به شکل جزیی در واحدهای کوچکتری از قبیل کیسه یا درام بسته بندی شوند که در این حالت به آنها بخش<sup>۲</sup> می گویند. یک محموله<sup>۳</sup> مقداری از مواد است که از یک محل به محل دیگری جابجا می شود و تحت پروتکل های حمل و نقل مشخصی می باشد. اصطلاح محموله هم برای مواد توده و هم برای اجناس بسته بندی شده به کار می رود. یک سری<sup>۴</sup> مقداری از ماده است که به طور فرضی نماینده جمعیت منحصر به فردی باشد. یک دسته<sup>۵</sup> مقداری از ماده است که مشخصاً یا فرضاً تحت شرایط یکسانی عمل آوری شده باشد. یک سری ممکن است شامل یک یا تعداد بیشتری دسته باشد و در عوض یک محموله ممکن است از یک یا چند سری تشکیل شده باشد. در اغلب موارد یک سری یا دسته خیلی بزرگتر از آن است که مستقیماً از آن ها نمونه مناسب آزمایشگاهی تهیه گردد لذا اغلب مراحل نمونه برداری حد واسط بدین منظور ضروری است. بسته ها<sup>۶</sup> بخش هایی از مواد جدا شده از سری/دسته هستند که عمل جداسازی آن ها با ابزارآلات نمونه برداری انجام شده باشد. این بسته ها با یکدیگر ترکیب شده و

<sup>1</sup> bulk<sup>2</sup> segment<sup>3</sup> consignment<sup>4</sup> lot<sup>5</sup> batch<sup>6</sup> increments

نمونه های اولیه<sup>۱</sup> یا عمده<sup>۲</sup> ایجاد می شود. در برخی موارد نمونه آزمایشگاهی مستقیماً از نمونه اولیه برداشته می شود در برخی دیگر نمونه های اولیه با یکدیگر مخلوط شده و تولید نمونه مرکب<sup>۳</sup> می کنند. نمونه آزمایشگاهی اغلب از نمونه اولیه یا نمونه مرکب توسط یک سری مراحل تقسیم و کاهش بدست می آید. نمونه آزمایشگاهی بخشی از ماده است که جهت انجام تجزیه به آزمایشگاه آورده می شود. جزء آزمون<sup>۴</sup> بخشی از مواد است که جهت انجام آزمون انتخاب می شود. در شیمی تجزیه به جزء آزمون، جزء تجزیه ای<sup>۵</sup> می گویند. اگر نمونه آزمایشگاهی همگن باشد می توان جزء آزمون را مستقیماً از آن بدست آورد با این وجود اغلب نیاز به انجام برخی فرایندها بر روی نمونه آزمایشگاهی وجود دارد. نمونه حد واسطی که تجزیه گر از نمونه آزمایشگاهی بدست می آورد نمونه آزمون<sup>۶</sup> می گویند. جزء آزمون از نمونه آزمون بدست می آید. خود نمونه آزمون اغلب مشمول برخی مراحل آماده سازی نمونه می شود که نهایتاً تقسیم بندی<sup>۷</sup> نهایی جهت اندازه گیری از آن حاصل می شود.

#### انواع نمونه ها

همچنان که در قسمت قبل آمده است، نمونه ها با توجه به عملیاتی که ممکن در طول مرحله نمونه برداری بر روی آنها انجام می شود به نمونه اولیه، نمونه آزمایشگاهی، نمونه تست و .... تقسیم بندی شوند. یک راه دیگر برای تقسیم بندی نمونه ها بر اساس طرح نمونه برداری می باشد. بر این اساس چهار نوع نمونه نماینده<sup>۸</sup>، انتخابی<sup>۹</sup>، تصادفی<sup>۱۰</sup> و مرکب<sup>۱۱</sup> وجود خواهد داشت.

<sup>1</sup> primary

<sup>2</sup> gross

<sup>3</sup> composit

<sup>4</sup> test portion

<sup>5</sup> analytical portion

<sup>6</sup> test sample

<sup>7</sup> aliquot

<sup>8</sup> representative

<sup>9</sup> selective

<sup>10</sup> random

<sup>11</sup> composit

## الف) نمونه نماینده

یک نمونه می تواند نماینده و واجد شرایط نمونه بزرگتر باشد اگر غلظت آنالیت  $5\%$  وزنی وزنی کل نمونه باشد.

## ب) نمونه انتخابی

نمونه ای است که بر اساس طرح نمونه برداری برای پایش و جداسازی موادی با ویژگی های مشخص به دست آید. این نمونه را مستقیم یا متمرکز شده نیز می نامند.

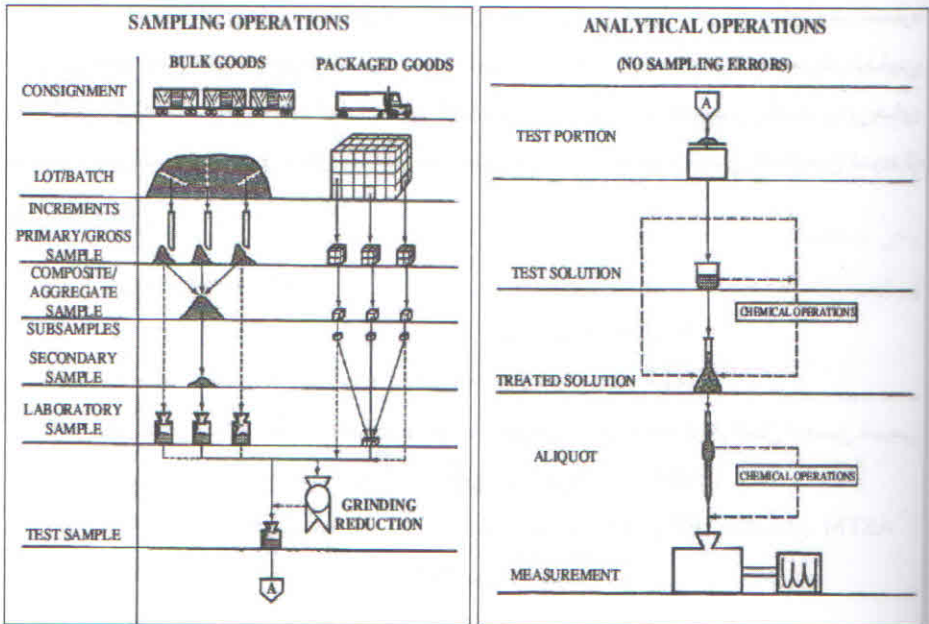
## ج) نمونه تصادفی

نمونه ای که توسط یک پروسه تصادفی جهت حذف مشکلات مربوط به تعصبات و گرایش ها در انتخاب نمونه دستچین می گردد. چون نمونه برداری بر اساس اصول علمی و به گونه ای که شانس حضور و گزینش همه نمونه ها یکسان است، انتخاب می شود لذا می تواند پایه ای برای سایر تفاسیر آماری داده های حاصل از تجزیه باشد. سه نوع نمونه برداری تصادفی وجود دارد: ۱) نمونه برداری تصادفی ساده که در آن هر نمونه شانس انتخاب شدن برابری دارند. ۲) نمونه برداری لایه ای تصادفی که در آن سری (lot) تقسیم و لایه لایه می شود و یک نمونه برداری تصادفی ساده از هر لایه انجام می گیرد. ۳) نمونه برداری سیستماتیک که در آن ابتدا نمونه به شکل تصادفی گزینش می شود سپس نمونه برداری متعاقب از مقدار گزینش شده بر اساس یک توالی منظم و از پیش برنامه ریزی شده انجام می گیرد. مثلاً هر ۵ تا یا هر ۱۰ تا. به خاطر داشته باشید که نمونه تصادفی بر اساس منطبق نمونه برداری و طبیعت مواد نمونه برداری شده می تواند نمونه نماینده نیز تلقی شود.

## د) نمونه مرکب

نمونه برداری مرکب طریقی برای کاهش هزینه تجزیه تعداد زیادی از نمونه ها است. یک نمونه مرکب متشکل از دو یا چند بخش از مواد جمع آوری شده است که در همان زمان انتخاب می گردد به گونه ای که نماینده کل باشد. نسبت اجزایی که نمونه مرکب را می سازند می تواند بر اساس توده زمان یا جریان باشد این نوع نمونه برداری می تواند جهت نمونه گیری های مواد غذایی کاربرد داشته باشد.

<sup>۱۲</sup> آنالیت جزئی از نمونه که هدف یک تجزیه شیمیایی است مثلاً اندازه گیری کلسیم در نمونه آب.



شکل ۴-۱ مراحل مختلف نمونه برداری از نمونه اصلی تا آماده سازی نمونه تجزیه

#### ۴-۲ انتخاب روش آزمون

یک تجزیه شامل اندازه گیری ترکیبات ناشناخته در یک ماده یا ارزیابی اجزاء موجود یا حالت هرکدام از اجزای تشکیل دهنده می باشد. در این بخش روش تجزیه مناسب جهت انجام کار شرح داده می شود. قبل از آن که کار را بر روی نمونه شروع کنید لازم است در نظر داشته باشید چرا تجزیه باید انجام شود و چه اتفاقی برای داده های آزمون می افتد و چه تصمیماتی بر مبنای داده های بدست آمده قرار است اتخاذ گردد. لازم است نیازمندی های آزمون کاملاً در نظر گرفته شود و این که بدانید چه بخشی باید مورد آزمون قرار گیرد به عنوان مثال مقدار کل آهن موجود در یک قرص آهن مورد سنجش است یا مقداری از آهن که توسط محیط شبیه سازی شده اسید معده، از قرص خارج می شود؟ بنابراین انتخاب روش تجزیه باید بر مبنای عقلانی استوار باشد. روش تجزیه ممکن است کیفی، کمی یا نیمه کمی باشد. از انواع تجزیه کیفی می توان روش هایی را نام برد که بر مبنای رد یا تایید وجود آنالیت استوارند. از این قبیل می توان به کیت های تشخیصی اشاره کرد که جهت آزمون های سریع بکار می روند. تایید نتایج حاصل از این روش ها اغلب با نتایج آزمون های کمی مورد ارزیابی قرار می گیرند. روش های کمی تجزیه روش هایی هستند که



بر مبنای آن‌ها حاصل آزمون به شکل عدد نشان داده می‌شود و روشهای نیمه کمی در گستره محدودی دارای پاسخ کمی بوده و در شمای کلی بیشتر وجه کیفی دارند. آنچه که اهمیت دارد این است که روشی که شما برای تجزیه انتخاب می‌کنید باید متناسب با هدف آزمون باشد. روش‌های مناسب آزمون در دسته بندی‌های متعددی قرار می‌گیرند و در منابع متعددی یافت می‌شوند از این دسته می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- (۱) روش‌های ابداع شده توسط یک آزمایشگاه<sup>۱</sup>
- (۲) روش‌های منتشر شده در نوشته‌ها و مکتوبات علمی مانند the analyst
- (۳) روش‌های عرضه شده توسط سازمان‌های تجاری از قبیل انستیتو انرژی
- (۴) روش‌های منتشر شده در کتاب‌ها توسط سازمان‌های حرفه‌ای از قبیل انجمن شیمی سلطنتی (RSC)<sup>۲</sup> و اتحادیه شیمی دان‌های رسمی تجزیه‌ای (AOAC)<sup>۳</sup>
- (۵) روش‌های مربوط به سازمان‌های استاندارد مانند BSI<sup>۴</sup> و BP<sup>۵</sup> انگلستان، ASTM<sup>۶</sup>، EPA و USP<sup>۷</sup> آمریکا، ISIRI<sup>۷</sup> ایران، ISO بین‌المللی و...
- (۶) روشهای منتشر شده توسط مراکز قانونی مانند:

#### The fertilizers (sampling and analysis) regulations 1991

درجه اعتبار یک روش ممکن است به کلی متفاوت باشد، آنچه که معتبرسازی آزمون است شامل روش‌هایی است که نشان می‌دهد هنگامی که کاربران در حال کار در آزمایشگاه هستند نتایجی که متناسب با هدف تجزیه است تولید می‌کنند. هنگامی که روش‌های استاندارد یا روش‌های پذیرفته شده بین‌المللی قرار است توسعه پیدا کنند و در اختیار عموم قرار گیرند معمولاً فرآیند اعتبار بخشی آن‌ها پیچیده‌تر و زمان‌برتر از روش‌های ابداع شده توسط یک آزمایشگاه است. چنین فرآیندهای اعتبار بخشی شامل مطالعات بین‌آزمایشگاهی گسترده‌ای است که در آنها آزمایشگاه‌های مختلف مشارکت می‌کنند. (نحوه اعتبار بخشی یک روش آزمون در فصل هفتم شرح داده خواهد شد.)

<sup>1</sup> in house method

<sup>2</sup> royal society of chemistry

<sup>3</sup> association of analytical communities

<sup>4</sup> british standards institution

<sup>5</sup> british pharmacopoeia

<sup>6</sup> american society for testing and materials

<sup>7</sup> institute of standards and industrial research of iran

در زمینه اندازه گیری مقادیر آثار که در آن مقادیر خیلی کم آنالیت در حد ( $\mu\text{gkg}^{-1}, \text{mgkg}^{-1}$ ) و در ماتریس<sup>۱</sup> های خیلی پیچیده مانند محصولات غذایی یا کشاورزی اندازه گیری می شوند ضروری است تجزیه بر روی تعداد زیادی از نمونه ها انجام شود که این کار ممکن است از چند دقیقه تا یک هفته زمان صرف کند.

برخی اصطلاحاتی که برای مشخص کردن درجه اطمینان یک روش تجزیه ای به کار می روند در زیر لیست شده اند:

نام روش	
غربالگری	Surveillance
مراقبت	Screening
پذیرفته شده	Accepted
استاندارد	Standard
قانونی	Regulatory
مرجع	Reference
اولیه	Primary

افزایش قابلیت اطمینان روش ↓

بر اساس آنچه که انتظار داریم یک آنالیت را در اغلب نمونه ها مشاهده کنیم یا آن را مشاهده نکنیم، روش های آزمون به ترتیب به مراقبت و غربالگری تقسیم بندی می شوند. روش های غربالگری باید به سرعت قابل اجرا باشند و ضمن دارا بودن خروجی زیاد می بایست کم هزینه باشند. تعداد اندک نتایج مثبت کاذب (یعنی هنگامی که آنالیت یافت می شود در حالی که واقعا وجود ندارد) قابل قبول است چون توسط بررسی های تکمیلی حذف می شوند. روش باید به حد کافی حساس باشد تا نتایج منفی کاذب نشان ندهد این روش ها می توانند کیفی یا نیمه کمی باشند و ممکن است در محدوده تشخیص اعتباربخشی شوند.

روش های مراقبتی بسیار شبیه به روش های غربالگری هستند با این فرق که سرعت کمتری دارند و در حالی که تعداد کمتری مورد تجزیه قرار می گیرد می توانند پاسخ های کمی نیز ارائه کنند. این روش ها می توانند در خود آزمایشگاه توسعه پیدا کنند و معتبر شوند. گزینش پذیری<sup>۲</sup> روش های

<sup>1</sup> matrix

<sup>2</sup> selectivity

مراقبتی می تواند بهتر از روش های غربالگری باشد و معمولا ابهام نتایج آن ها کمتر است در عین حال اندازه گیری های متعاقب ممکن است ضرورت پیدا کند. از جمله روش های مراقبتی می توان به پایش سطح فلزات قلیایی خاکی در آب آشامیدنی و از جمله روش های غربالگری می توان به پایش کیفی وجود بلانکیت در نان اشاره کرد.

روش های پذیرفته شده معمولا دیدی قابل اجماع از روش ارائه شده به وسیله تعدادی از آزمایشگاه های تجزیه ارائه می دهند که در زمینه کاری مشخصی فعالیت می کنند این آزمایشگاه ها تحت اعتبار و نظارت سازمان های دولتی یا تجاری فعالیت می کنند.

روش های استاندارد بسیار شبیه به روش های پذیرفته شده هستند به جز آنکه آنها تحت نظارت بنیادی ملی یا بین المللی که دارای نشان رسمی هستند توسعه و تدوین می گردند. این روش ها معمولا به شکل دامنه دار منتشر می شوند و محدوده اعتباربخشی این روش ها جهت تصدیق باید به دقت مورد آزمایش قرار گیرد.

روش های قانونی و مرجع توسط دستگاه های قانونی برای استفاده در مقررات خاص قانونی ارائه می گردند. اگرچه این روش ها کاملا معتبر خواهند بود معذالک برخی آزمایشگاه ها به بررسی نیازمندی های کارایی مربوط به آن آزمون ها می پردازند.

روش های مرجع روش هایی هستند که به طور کامل معتبر بوده و واجد شرایط بودن و نیز کارایی داده های حاصل از آنها برای پوشش دادن دقت و صحت در مطالعات بین آزمایشگاهی اثبات شده است. دستورالعمل های مبسوط جهت کاربرد این روش ها برای تولید داده هایی که در محدوده کاربرد آن ها باشد ارائه شده است. برای تعیین مشخصه ها و ویژگی های مواد مرجع از روش های مرجع استفاده می شود.

روش های اولیه بالاترین کیفیت اندازه شناختی را دارند این روش ها به طور کامل مشروح بوده و فرآیند آن ها کاملا درک شده و مورد پذیرش می باشد. روش های اولیه دارای بیانیه ای شامل عدم قطعیت بر حسب واحد SI هستند. این روش ها توسط آزمایشگاه هایی که در توسعه سیستم های اندازه گیری شیمیایی ملی یا بین المللی شرکت دارند، به کار برده می شوند.

به طور خلاصه فاکتورهایی که لازم است پیش از انتخاب روش آزمون در نظر گرفته شوند شامل موارد زیر است:

- ۱- نوع نمونه و ماتریس نمونه ۲- زمان ۳- هزینه ۴- در دسترس بودن وسایل ۵- خطاهای مثبت کاذب و منفی کاذب ۶- کمی، نیمه کمی یا کیفی بودن پاسخ ها ۷- نیازمندی های کارایی روش آزمون ۸- عدم قطعیت قابل پذیرش ۹- ایمنی

## دلایل تولید نتایج غیر صحیح در یک آزمون

پیش از در نظر گرفتن این نکته که چگونه یک نفر می تواند در یک آزمایشگاه تجزیه نتایج صحیح و درخور ارائه کند لازم است در مورد آنچه باعث ایجاد نتایج غلط می شود بحث کنیم. به طور کلی مجموعه عواملی به شرح زیر باعث ایجاد نتایج غیر صحیح در یک آزمایشگاه می شوند:

- (۱) عدم صلاحیت یا بی کفایتی
- (۲) خطاهای مربوطه به محاسبات یا رونویسی
- (۳) روش نامناسب آزمون
- (۴) آلودگی ها
- (۵) تداخل ها
- (۶) خطاهای کالیبراسیون/تجهیزات
- (۷) خطاهای نمونه برداری
- (۸) خرابی ها و کمبودها

## عدم صلاحیت و کفایت

کسانی که برگزار کننده مقایسات بین آزمایشگاهی (در فصل نهم به بحث در این خصوص خواهیم پرداخت) هستند ممکن است به شما گزارش کنند که در برخی از این طرح ها آزمایشگاه هایی وجود دارند که نتایجی با فاصله بسیار زیاد از سایرین ارائه می کنند. در نمونه های متعددی، این فاصله زیاد به علت خطاهای محاسباتی یا فراموش کردن برخی از اعمال ضرایب یا ... است. در برخی موارد ممکن است محاسبات به علت اعمال واحدهای غلط باشد. فعالیت های ضعیف آزمایشگاهی مانند قراردادن وسایلی مانند بالن 250 ml و 200 ml در یک قفسه کنار هم و برداشتن سهوی ممکن است باعث اشتباه در آزمون شود. در این مورد یک اختلاف 50 ml موجب ۲۵٪ خطا در نتیجه خواهد شد. خطاها در برچسب گذاری نمونه ها و ابزارها نیز موجب خطا در نتیجه آزمون خواهد شد. اندازه گیری اسپکتروفتومتری محلولی که به لحاظ اپتیکی شفاف نیست موجب نتایج کاذب بالایی خواهد شد. در تمامی مثالهایی که ذکر شد شاید فرض بر این بوده که کارکنان شایستگی و صلاحیت انجام این آزمون را دارند ولی صلاحیت آن ها چک نشده است. این دست خطاهای انسانی در تولید نتایج ناصحیح بسیار تاثیر گذار خواهد بود.

## روش استفاده شده

حتی با استفاده از روش های آزمون معتبر نیز ممکن است پاسخ های غلطی حاصل شود. این پدیده به خاطر کاربرد روش های معتبر خارج از گستره آنها یا به علت ماتریس نمونه ای باشد که در



فرآیند معتبرسازی به آن استناد نشده است. اگر یک روش آزمون که برای تجزیه آب با مقدار اندک ترکیبات آلی معتبر شده بخواهد برای تجزیه فاضلاب قرار بگیرد نتایج حاصل غیرصحیح خواهد بود. اغلب کاربران آزمایشگاه برای انجام تجزیه های خود از روش های پذیرفته شده استفاده می کنند ولی اکثرا متناسب با روحیات خود یا شرایط کاری تغییراتی هرچند کوچک در آن ها انجام می دهند. این تغییرات ممکن است شامل تغییر در نسبت نمونه به واکنش گر، زمان، دما و ... باشد و مجموعه آن ها شاید سبب غیر معتبر شدن روش شود. تغییرات در خلوص مواد شیمیایی توصیه شده، موادی که تاریخ انقضای آن ها گذشته است یا حتی تامین مواد از سازنده ای که مطابق پیشنهاد روش نیست باعث تاثیرات کلی در نتایج حاصله خواهد شد. گستره ای که در آن روش آزمون بدون کاهش کیفیت پاسخ ها، قابلیت تعدیل دارد را استحکام روش می نامند.

### آلودگی

دانستن این نکته ضروری است که اگر آنالیت در محیط آزمایشگاه باشد می تواند به بدنه ظروف شیشه جذب شود یا اینکه در واکنشگرهای آزمایشگاه یا حتی در آب مقطر نیز وجود داشته باشد. تمامی این ها منابع آلودگی هستند مخصوصا وقتی بخواهیم اندازه گیری مقادیر آثار<sup>۱</sup> انجام دهیم. همچنین لازم است محیط کاری آزمایشگاه شما از هر ماده شیمیایی که بر روی اندازه گیری های شما اثر گذارند به دور باشد.

### تداخل ها

ماتریس نمونه حاوی اجزای زیادی به علاوه آنالیت است. روش آزمون باید به گونه ای باشد که بین آنالیت و اجزای موجود در ماتریس تبعیض قائل شود. جزء مورد آزمون ممکن است از مراحل تجزیه ای متعددی گذر کند پیش از آنکه آنالیت برای اندازه گیری نهایی آماده شود. آنالیت ممکن است لازم باشد از اجزای توده جدا شود. برای اندازه گیری یک آنالیت معدنی در یک ماتریس معدنی مانند آلومینیوم در سنگ نیازمند استفاده از روش های جداسازی، کمپلکس سازی و ... خواهیم بود. اندازه گیری های نهایی ممکن است توسط وسایلی انجام گردد که تداخلات موجود بر روی آن ها اثر گذار نباشد به عنوان مثال در روش اسپکتروفتومتری می توان با تنظیم طول موج دستگاه، جذب را برای آنالیت مورد نظر اختصاصی کرد. حتی اگر این روش ها به کار گرفته شود باز ممکن مشکلاتی وجود داشته باشد در این حالت می بایست از روش های حذف تداخل بهره گرفت. برای اندازه گیری یک آنالیت معدنی در یک ماتریس آلی ابتدا باید اجزای آلی را به طور کامل حذف

<sup>۱</sup> trace

نمود. این عمل با خاکسترسازی یا اکسیداسیون شدید توسط اسیدهایی مانند نیتریک اسید، سولفوریک اسید یا پرکلریک اسید انجام می شود. به خاطر داشته باشید ممکن است در چنین فرآیندهایی مخصوصاً در اندازه گیری مقادیر آثار عناصر با احتمال هدر رفت آنالیت مواجه شویم. شاید مشکل ترین نوع تجزیه مربوط به آنالیت آلی در ماتریس آلی باشد. در این حالت باید از انواع روش های جداسازی آنالیت از ماتریس و به طور عمده استخراج با حلال استفاده نمود. باید توجه داشت که وقتی فرآیند استخراج ناکامل باشد نتایج حاصل شده کم خواهد بود. برخی روش ها حداکثر تا ۵۰٪ برای جداسازی کارایی دارند به همین منظور برخی از کاربران نتایج بدست آمده را با استفاده از تکنیک فاکتور بازیابی<sup>۱</sup> تصحیح می کنند. وقتی که روش استخراج به قدری قدرتمند باشد که بتواند ۹۰٪ یا بیشتر آنالیت را از ماتریس جدا کند باز این مشکل وجود دارد که برخی اجزای هم استخراج<sup>۲</sup> نیز ممکن است از ماتریس جدا شده و همراه آنالیت از ماتریس خارج گردند. این اتفاق شناس پیدایش تداخل ها و نتایج غلط را افزایش می دهد. برای حذف این اثر معمولاً روش های تمیزسازی<sup>۳</sup> و یک دستگاه تجزیه با گزینش بالا به کار گرفته می شود. تکنیک های رایج استفاده شده برای جداسازی آنالیت از ماتریس در جدول لیست شده اند.

تکنیک استاندارد	اصول	مثال ماتریس نمونه / آنالیت
مایع-مایع	آنالیت موجود در نمونه آبی توسط یک حلال غیر قابل امتزاج در آب جدا می شود.	ترکیبات موجود در نمونه های آبی مانند سموم دفع آفات در آب رودخانه
فاز جامد	جذب ترکیبات موجود در یک فاز مایع توسط بازداری برروی سطح جاذب جامد و شستشوی آن توسط یک حلال	ترکیبات موجود در نمونه های آبی مانند PAH <sup>۴</sup> در پساب
سوکسله	استخراج پیوسته نمونه توسط حلال در حال جوش	ترکیبات آلی موجود در نمونه های جامد مانند چربی در کاکائو

<sup>1</sup> recovery factor

<sup>2</sup> co-extractive

<sup>3</sup> clean-up

<sup>4</sup> polycyclic aromatic hydrocarbon

سیال تحت فشار	استخراج نمونه توسط حلالی در دما و فشار بالا	ترکیبات آلی موجود در نمونه های جامد مانند PAH در خاک
هضم مرطوب	حرارت دادن نمونه توسط اسیدهای قوی	فلزات در نمونه های آلی/ معدنی مانند سرب در کانی ها یا بافت گیاهان
خاکسترسازی	احتراق یک ترکیب آلی در کوره و حل کردن خاکستر باقی مانده در اسید	فلزات در نمونه های آلی جامد مانند آهن در آرد
هضم مایکروویو (ریزموج)	حرارت دادن نمونه توسط اسیدهای قوی با استفاده از امواج ریز تحت دما و فشار کنترل شده	فلزات در نمونه های آلی/ معدنی جامد مانند جیوه در گوشت ماهی

### سستی یا تنزل

آنالیت ها ممکن است در مراحل مختلف یک تجزیه به دلایل متعددی دچار نقصان شوند. به عنوان مثال:

- تجزیه به وسیله حرارت، اکسیداسیون و ...
- تبدیل شدن به ترکیبات فرار در مرحله هضم و خارج شدن به صورت بخار
- جذب سطحی بر روی سطوح مانند ظروف شیشه ای، کروزه ها (بالاخص در تجزیه مقادیر آثار)
- استخراج ناقص آنالیت از ماتریس نمونه

در مورد آخر علت ممکن است به خاطر مشکلات فیزیکی مربوط به نفوذ ناقص حلال استخراج به درون بافت ماتریس باشد. دیگر این که ریکاوری (بازیابی) ناقص آنالیت ممکن است نتیجه پیوند شیمیایی بین آنالیت و ساختار ماتریس باشد. حالت اخیر مخصوصا در اندازه گیری داروها در بافت های بدن اهمیت دارد چون برخی از داروها هستند که با پروتئین ها پیوند قوی برقرار می کنند. مشکلاتی از این نوع معمولا در نوشته های علمی آمده است. اگر روش جدیدی در حال توسعه باشد معمولا برای ارزیابی مرحله استخراج آن بعضا از ردپاهای رادیواکتیو استفاده می کنند.

سایر دلایل تولید نتایج غیر صحیح در یک آزمون

اینکه تجهیزات یا ابزارهای مورد استفاده دچار نقصان یا خرابی باشند به طور واضح ایجاد نتایج غیر صحیح در یک آزمون می کند. کالیبره نبودن یک تجهیز یا کالیبراسیون نامناسب آن امکان ارزیابی محدوده خطای دستگاه را از بین می برد. از طرفی خود نمونه ها پس از نمونه برداری ممکن است دچار تغییر و تحول شوند یا اینکه در معرض آلودگی های متقاطع قرار بگیرند. بعضی مواقع ممکن است در فرایند انجام آزمون اشتباه عددی را که از دستگاه قرائت کرده اید به گونه ای دیگر (مثلا به جای ۲، عدد ۳) را در محاسبات وارد کنید. در این حالت دچار خطای رونویسی شده اید و نتیجه آزمون به همان مقدار تحت تاثیر قرار می گیرد.

### ۳-۴ ثبت داده های آزمون در آزمایشگاه

همچنان که در یک آزمایشگاه تجزیه کار می کنید، داده ها و نتایج بسیاری در حین کار حاصل می شود که ثبت و نیز چگونگی استفاده از آنها بسیار اهمیت دارد آنقدر که ممکن است با تحلیل داده ها در زمان کوتاه تری به نتیجه نهایی برسید یا حتی گمراه شوید! دفترچه یادداشت شخصی وسیله ای ابتدایی است که وجود آن جزء واجبات کار در آزمایشگاه محسوب می شود و با وجود آن شما در یک تجزیه مسیرها، فرض ها، داده های خام و محاسبات و ... را ثبت می کنید. این دفتر یک ابزار سازمان دهنده کار و یک کمک حافظه است. این که چگونه یک دفترچه یادداشت آزمایشگاهی درست کنید شاید به سلیقه ی شما برگردد اما شرایطی مانند درج تاریخ، آدرس دهی کامل یک آزمون، استفاده از ابزار نوشتن مانند خودکار بارنگ ثابت، وجود کاغذ با کیفیت و نگهداری آن در یک محل مناسب جز الزامات است. برای هر تجزیه یک شناسنامه در نظر بگیرید. در ابتدا نام تجزیه، نمونه، تاریخ انجام و اتمام، شرایط محیطی، نام آزمونگر و ... را ذکر کنید. تمام داده های خام حاصل از آزمایش مثلا حجم مصرفی در یک تیتراسیون یا داده های جذب دستگاه اسپکتروفتومتر و ... را وارد کنید هر جا که تعداد داده ها زیاد بود از ترسیم جدول بهره بگیرید. هرگونه مشاهدات و تغییرات به وقوع پیوسته در جریان آزمون را کاملا شفاف بنویسید. در انتها محاسبات ریاضی و فرمول های به کار برده شده را عیناً قید کنید. به خاطر داشته باشد به گونه ای دفترچه یادداشت آزمایشگاهی خود را منظم و تمیز طراحی کنید که هرکس دیگری غیر از شما بخواهد آن را مطالعه کند، سردرگم نشود!



لاگ بوک<sup>۱</sup>ها

لاگ بوک ها (یا دفتر ثبت وقایع) دفاتری هستند که در آنها داده ها باحفظ توالی زمانی ثبت می شوند. فرق عمده ای که لاگ بوک ها با دفاتر ثبت نتایج شخصی شما دارند در این است که در یک آزمایشگاه با تعدادی پرسنل معمولاً لاگ بوک ها به شکل عمومی استفاده می شود. در یک آزمایشگاه تجزیه برحسب نیاز یا الزامات می توان لاگ بوک های مختلفی (مانند ورود و خروج یا ثبت مشخصات نمونه های ورودی و حتی عملکردهای کنترلی) برای آزمونها یا دستگاهها طراحی کرد. به عنوان مثال می توانید لاگ بوک ثبت داده های یک ترازو، لاگ بوک ثبت دما و رطوبت و شرایط محیطی را ایجاد کنید یا این که برای چند دستگاه یک لاگ بوک در نظر بگیرید. تهیه یک لاگ بوک بسیار ساده است. به عنوان مثال و در ساده ترین حالت اگر بخواهید یک لاگ بوک ترازو داشته باشید، برگه های یک سررسید را خط کشی کرده و به گونه ای در آن ردیف، وضعیت ترازو، نوع نمونه، وزن قرائت شده، نام کاربر و تاریخ استفاده را درج کنید. درج شماره برای هر صفحه را فراموش نکنید و نحوه ی درج آن به صورت شماره آن صفحه از شماره کل صفحات (به عنوان مثال ۵ از ۱۰۰) باشد. روی جلد اصلی هم نام "لاگ بوک ترازو" و تاریخ اولین و آخرین قرائت را درج کنید. از آنجا که لاگ بوک ها جز مدارک مهم در آزمایشگاه هستند و اطلاعات موجود در آنها در آینده ممکن است در مباحث کنترل کیفیت آزمون یا حتی دعای حقوقی بسیار راهگشا باشد پس از تکمیل هر دفتر آنها را در محل های مناسبی بایگانی نمایید. اگر در هنگام ثبت داده ها چه در دفاتر شخصی و چه در لاگ بوک ها اشتباه کردید هیچگاه اشتباه خود را با لاک غلط گیر محو نکنید بلکه با خودکار به صورت چند خط مورب هاشور بزنید و اطلاعات صحیح را در کنار آن درج نمایید. لازم به ذکر است لاگ بوک های الکترونیکی به صورت نرم افزاری نیز توسط برخی سازندگان عرضه شده است.

<sup>1</sup> log book