



آزمایشگاه شیمی عمومی ۱

به نام خدا

فهرست مطالب

۳	احتیاطهای لازم برای ایمنی
۱۱	چگونه خطرات ناشی از استفاده مواد شیمیایی را کاهش دهیم
۱۲	خلاصه قوانین آزمایشگاه
۱۴	عملیات آزمایشگاهی
۲۴	ترازوهای آزمایشگاهی
۲۷	روش توزین
۳۰	تعیین وزن مولکولی گاز کربن دی‌اکسید
۳۴	تعیین وزن نمونه منیزیم
۳۷	گرمای واکنش اسید و باز
۴۲	صعود نقطه جوش
۴۵	قانون بقای جرم
۴۷	تعیین عدد آوگادرو
۵۰	تیتراسیون اسید و باز
۵۳	تیتراسیون اکسایش و کاهش
۵۵	تعادل شیمیایی
۵۹	جدول تهیه محلولهای آزمایشگاهی
۶۰	جدول تناوبی عناصر

## احتیاطهای لازم برای ایمنی

در تمام مدت حضور پرسنل در آزمایشگاه، حفظ سلامت فردی و رعایت الزامات ایمنی محیط و زیستی از اهمیت بسزایی برخوردار است که این امر با ارتقای دانش عمومی شما در حوزه ایمنی قابل تحقق خواهد بود. ایمنی در واقع رعایت اصول و مقرراتی است که به منظور رهایی از ایجاد شرایط مخاطره آمیز برای حفظ نیروی انسانی، تاسیسات و محیط در حال فعالیت، وضع و به کار گرفته می‌شود. چه بسا عدم آگاهی از چگونگی کنترل و ارزیابی خطر در آزمایشگاه‌ها می‌تواند پیامدهای ناگواری در پی داشته باشد که این موضوع لزوم تبیین چهارچوب‌ها، مقررات و مستندات اجرایی پیش روی را پیش از شروع هرگونه فرایندی در محیط آزمایشگاه ضروری می‌سازد. لذا پیش از شروع فعالیت خود در آزمایشگاه از تحقق قوانین ذیل اطمینان حاصل کنید.

۱. پیش از حضور در آزمایشگاه می‌توان با تسلط و مطالعه بر روی چند موضوع ساده بسیاری از دغدغه‌های مطرح در حوزه ایمنی را رفع کنید، این موضوعات عبارت‌اند از:

- تسلط کامل بر چگونگی فرآیند اجرایی آزمایش
- کسب دانش نسبت به خواص فیزیکی و شیمیایی مواد اولیه
- کسب دانش نسبت به روش پاکسازی مواد شیمیایی در صورت بروز حوادث ناشی از ریزش مواد
- کسب دانش نسبت به اقدامات کمک‌های اولیه در صورت بروز حوادث انسانی
- کسب دانش نسبت به اثرات ترکیب مورد نظر بر محیط زیست
- کسب دانش نسبت به حدود مجاز در معرض ماده قرار گرفتن

امروزه برای دستیابی به این اطلاعات منابع مختلفی از هندبوک‌ها، مقالات، بروشورها و دستورالعمل‌های ایمنی به صورت فیزیکی و نرم افزاری در اختیار همگان قرار دارد که بهترین و کاملترین این مجموعه‌ها توسط برگه‌های MSDS یا همان برگه‌های ایمنی مواد شیمیایی تنظیم و ارائه می‌شود که شامل اطلاعات حفاظت شخصی، شناسایی خطرات ماده، اقدامات کمک‌های اولیه و سایر موارد مرتبط با ایمنی فردی و محیطی است، لذا رجوع به این برگه‌ها پیش از آغاز آزمایش می‌تواند ضریب ایمنی فردی و محیطی را تا حد مناسبی افزایش دهد.

در زیر به چند مورد که آگاهی از آنها به ایمنی خود و آزمایشگاه کمک می‌کند اشاره می‌شود:

### • راهنمای مدیریت پسماندهای شیمیایی خطرناک

پسماندهای خطرناک، مواد زائد جامد یا مایعی هستند که به علت کمیت، غلظت و یا کیفیت فیزیکی و شیمیایی و یا بیولوژیکی می‌توانند باعث افزایش میزان مرگ و میر و یا بیماری‌های فراگیر شوند. براساس تعریف آژانس حفاظت از محیط زیست (EPA) پسماندهای خطرناک به موادی اطلاق می‌شود که بالقوه خطرناک بوده و یا اینکه پس از گذشت زمانی موجبات خطر را برای محیط زیست، فراهم می‌کنند. این نوع از پسماندها معمولاً یکی از مشخصات قابلیت انفجار، احتراق، خوردگی، واکنش پذیری و سمیت را دارا بوده و اغلب تحت عنوان مواد زائد پرتوزا، پسماندهای شیمیایی، پسماندهای بیولوژیکی و پسماندهای نانومواد دسته بندی می‌شوند. لذا مدیریت نمودن آنها به منظور رعایت ایمنی زیستی از اهمیت بسزایی در آزمایشگاه برخوردار است. در واقع مدیریت پسماندهای خطرناک عبارت است از مجموعه مقررات منسجم و سامان کننده در ارتباط با کنترل تولید، ذخیره سازی، جمع‌آوری، حمل و نقل، پردازش و دفع صحیح پسماندها.

مرحله اول در مدیریت پسماندهای خطرناک جمع‌آوری و تنظیم اطلاعات از وضعیت و نوع پسماندهای تولیدی در محیط آزمایشگاه است که این امر از طریق اطلاعات میزان مصرف و نوع مواد الیه مورد نیاز فرآیند می‌توان کسب و تحلیل نمود.

مرحله دوم در ارتباط با تفکیک پسماندهای خطرناک از یکدیگر با تهیه و تدوین سه اصل مهم است:

(۱) سازگاری پسماندهای خطرناک مخلوط با یکدیگر: اعمال این اصل بر پایه یافتن پاسخ این پرسش است، که آیا دو پسماندی که در یک ظرف به صورت مخلوط انبارش می‌شوند صدمات و خساراتی که ضریب ایمنی را کاهش دهند ایجاد نمی‌نمایند؟ در صورت مثبت بودن پاسخ، بایستی دو پسماند در دو ظرف جداگانه نگهداری شوند. که این اطلاعات از برگه‌های ایمنی مواد قابل استخراج است.

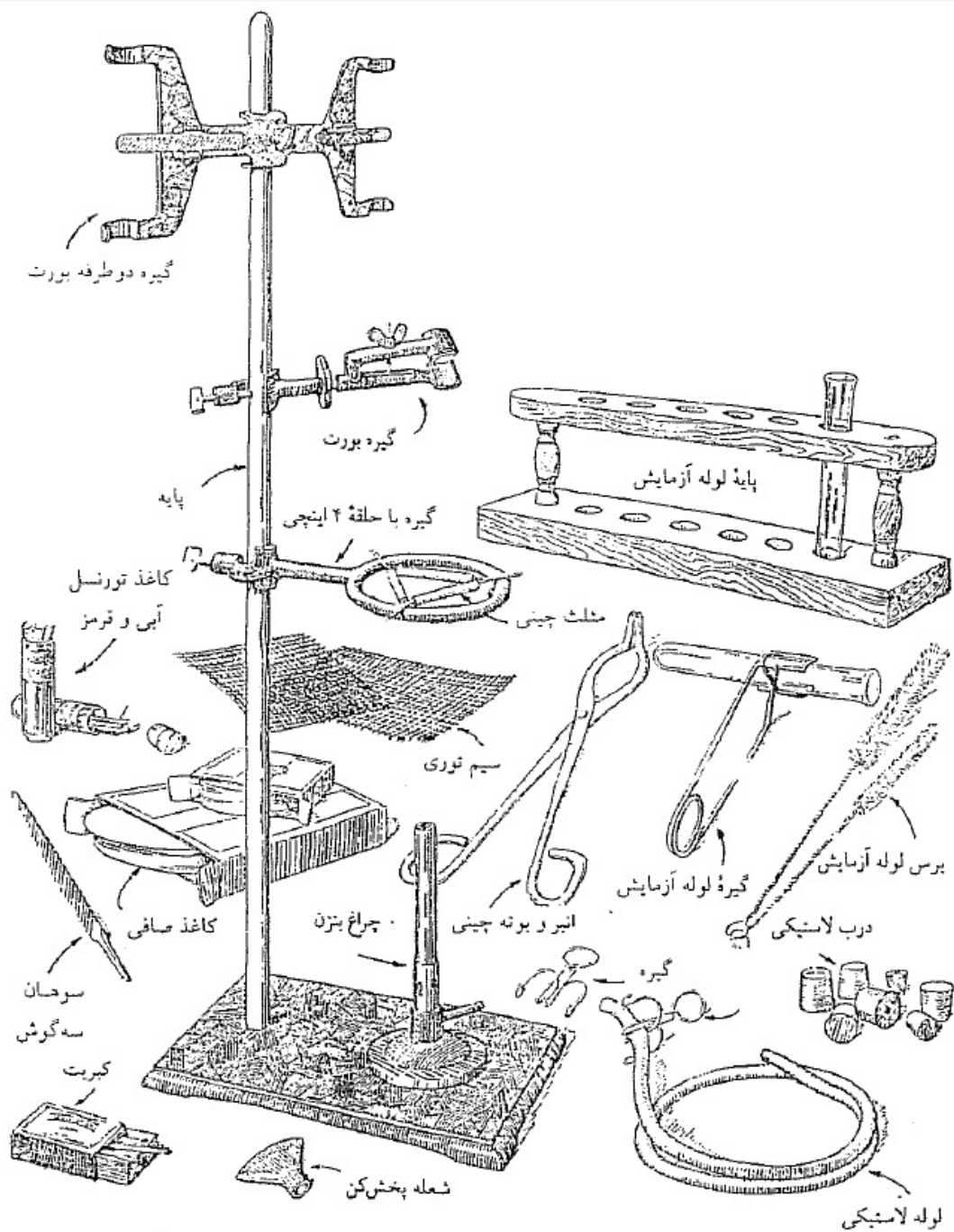
(۲) سازگاری پسماندهای خطرناک با ظروف نگهداری: اصل دوم بر آنست که جنس ظرف نگهداری با پسماند مورد نظر سازگاری لازم را داشته باشد که براین اساس ظروف پلی اتیلنی یا شیشه‌ای با ضخامت‌ها و حد مجازهای متفاوت انتخاب می‌شوند.

۳) جداسازی پسماندهای خشک آغشته به مواد خطرناک از پسماندهای خطرناک: یکی از نکات مهمی که به هنگام تفکیک پسماندهای خطرناک نباید فراموش کرد جداسازی اقلامی است که به طور غیرمستقیم به مانند دستکش‌های آزمایشگاهی، کاغذهای صافی، ظروف شکسته آزمایشگاهی، لوله مویین، کاغذهای TLC و ... که متاسفانه، معمولاً به صورت مخلوط با پسماندهای عادی جمع‌آوری و به طور غیر اصولی دفع می‌شوند. ما در فرآیند تفکیک بایستی این موضوع را نیز لحاظ نموده و این اقلام را در ظروف نگهداری جداگانه‌ای تفکیک نماییم.

در نهایت پسماندهای جمع‌آوری شده منطبق بر اصول دفع صحیح توسط مسئول آزمایشگاه برای نهاد مربوطه که اغلب مراکز ایمنی و سلامت در دانشکده‌ها می‌باشند ارسال می‌شود.

امید است هر یک از شما با به کار بستن این راهکارها گام‌های موثری در سالم سازی محیط آزمایشگاه و فراتر از آن محیط زیست و جامعه بردارید.

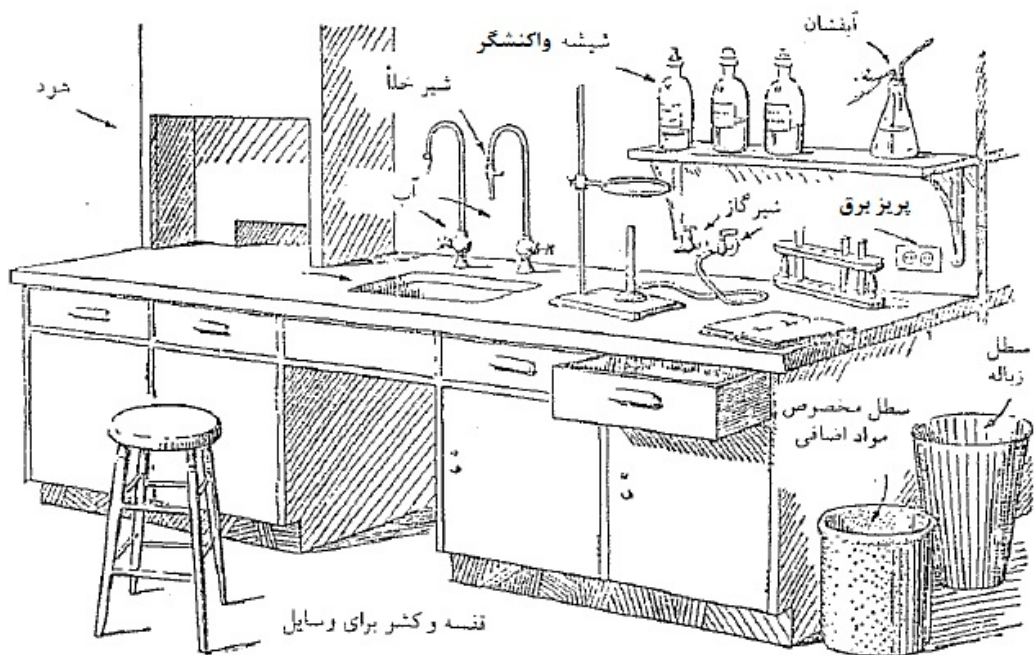




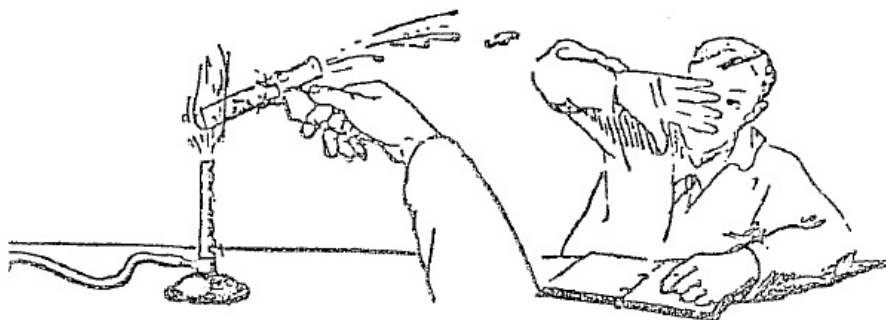
وسایل آزمایشگاه شیمی

وسایل و ابزار مختلف را در جای مخصوص قرار دهید به طوری که هنگام احتیاج به راحتی و بدون صرف وقت

بتوانید از آنها استفاده کنید.



نمونه‌ای از میز کار آزمایشگاه

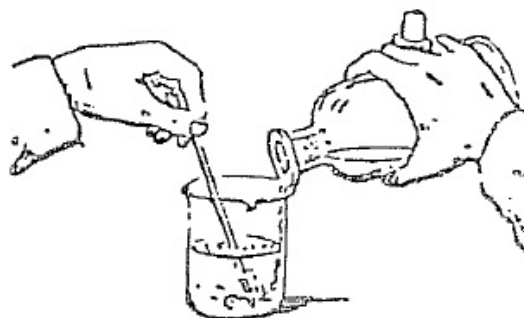


هرگز در موقع جوشاندن، لوله آزمایش را به طرف خود و همکارانتان نگیرید.

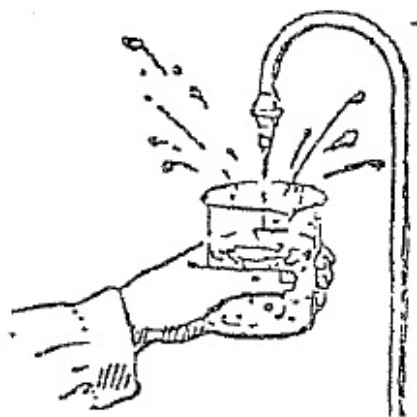
- نظر به اینکه در تمام مدت آزمایش سلامتی شما به طرز کار و رعایت قوانین آزمایشگاهی بستگی دارد لذا از انجام اقداماتی که منجر به بروز حادثه می‌شود خودداری کنید. رعایت قوانین آزمایشگاه که در زیر به آن اشاره شده است از حوادث و خطرات احتمالی جلوگیری می‌کند.
- کلیه حوادثی را که اتفاق می‌افتد فوراً به مسئول آزمایشگاه گزارش دهید. از دست زدن به ظروف شیشه‌ای داغ خودداری کنید، زیرا این ظروف گرمای خود را به کندی از دست می‌دهند.



- در موقع جوشاندن لوله آزمایش را به طرف خود و همکارتان نگیرید زیرا ممکن است در حین گرم کردن مایع داخل لوله به شدت به خارج پاشیده شود.
- در موقع رقیق کردن سولفوریک اسید غلیظ به آهستگی و با بهم زدن اسید را وارد آب کنید و از ریختن آب بر روی اسید خودداری کنید زیرا گرمای تولید شده در این حالت زیاد بوده و باعث تبخیر ناگهانی آب گشته و موجب پاشیدن اسید به خارج می‌گردد.



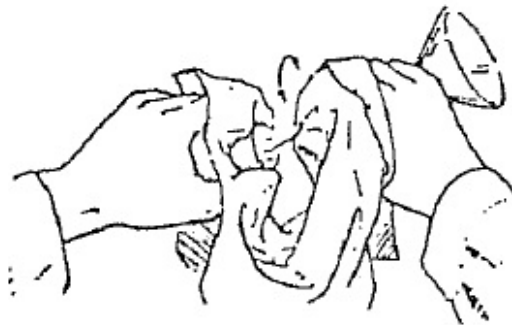
همیشه اسید غلیظ را به آهستگی وارد آب کرده و بهم بزنید.



هرگز آب را به داخل اسید غلیظ نریزید. گرمای ایجاد شده باعث پرتاب مخلوط به خارج و حتی شکستن ظرف می‌شود.



همیشه وسط لوله نزدیک به چوب پنبه را با پارچه‌ای گرفته و با حرکت چرخشی و چوب کردن لوله آن را در داخل چوب پنبه کنید.



هرگز برای داخل کردن لوله قیف به داخل چوب پنبه به لوله آن فشار نیاورید.

- وقتی که می‌خواهید لوله شیشه‌ای را داخل سوراخ چوب پنبه کنید، باید سر لوله را چرب نموده و چوب پنبه را خیس نمایید (در صورتی که استفاده از آب برای آزمایش مجاز نباشد از خیس کردن چوب پنبه خودداری کنید). در موقع داخل کردن لوله قسمت نزدیک چوب پنبه را گرفته و با حرکت چرخش آن را به داخل سوراخ چوب پنبه وارد کنید به همین طریق می‌توانید قیف، دماسنج و غیره را وارد سوراخ چوب پنبه کنید.

- هیچ‌گاه مواد و یا محلولهای شیمیایی را نچشید. زیرا احتمال دارد که سمی بودن مواد یا محلولها بر روی شیشه آنها قید نشده باشد. در صورت خوردن مواد شیمیایی فوراً به مسئول آزمایشگاه مراجعه کنید.

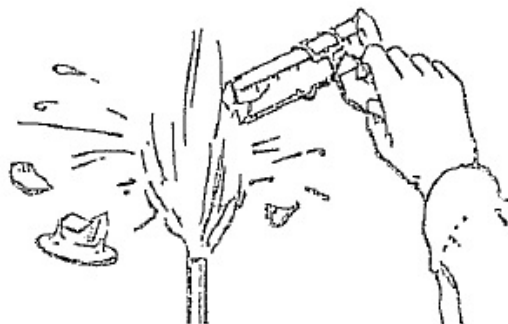


همیشه بخارات را به وسیله حرکت دست به آرامی به طرف بینی خود هدایت نمایید.

- هرگاه می‌خواهید محلولی را ببوئید از تنفس مستقیم بخارات مزبور خودداری کنید. می‌توانید بخارات مزبور را با دست به طرف بینی خود هدایت کرده و استشمام کنید.

- آزمایشهایی را که تولید مواد و یا بخارات و گازهای سمی می‌کند باید در زیر هود انجام داد این عمل باعث جلوگیری از پخش گاز و بخارات سمی در آزمایشگاه می‌شود.

- استفاده از روپوش سفید رنگ، عینک ایمنی و دستکش در تمام مدتی که در آزمایشگاه هستید الزامیست.



هرگز استوانه مدرج و بطریهای شیشه‌ای را گرم نکنید.

### چگونه خطرات ناشی از استفاده مواد شیمیایی را کاهش دهیم

بیشتر مواد شیمیایی اگر در هنگام استفاده و کاربرد آنها، دقت شود بی‌خطر خواهند بود. موادی نیز وجود دارد که باید در کارکردن با آنها توجهی خاص مبذول شود. این گونه مواد باید به مقدار کم در اختیار دانشجو قرار گیرد و منبع این مواد باید در جایی خاص و امن نگهداری شود (معمولاً زیر هود).

#### مواد حساسیت‌زا

بیشتر مواد شیمیایی حساسیت‌زا هستند. از بخارات و غبار مواد شیمیایی باید اجتناب کرد و ضمناً مواظب ریختن مواد شیمیایی روی پوست بوده و هرگز مواد را با دست برنارید. وقتی با گاز کلر،  $\text{NO}_2$ ، ید، آمونیاک، سدیم سولفات، تری کلر و تری فلوئوراتان، پتاسیم و پرمنگنات، مس سولفات، کلسیم کریید، کتکول و محلول ۳۰٪ آب اکسیژنه کار می‌کنید باید به شدت احتیاط کنید.

#### مواد سمی

بعضی از مواد به دلیل سمی بودن باید به مقدار بسیار کم مصرف شوند، این گونه مواد شامل نمکهای باریم، سرب، نقره، جیوه، کبالت، منیزیم، کلر و جیوه فلزی است. باریم هیدروکسید، جیوه فلزی، گاز کلر، و نمکهای جیوه (II) به

شدت سمی هستند. حتماً در هنگام استفاده از این قبیل محلولها باید از دستکش استفاده شود، در محلولها جهت انبار نمودن حتماً از هود استفاده شود. در هنگام جابه‌جایی مواد فوق حتماً از ماسک صورت و دستکش استفاده شود. مطالعات آزمایشگاهی حاکی از وجود مدارکی دال بر سرطان‌زا بودن نمکهای نیکل و کروم است.

### مواد آتش‌گیر

وقتی از مایعات اشتعال پذیر استفاده می‌کنید هرچه شعله در آزمایشگاه وجود دارد باید خاموش شود. برای حرارت دادن این قبیل مایعات باید از اجاق برقی استفاده شود و همیشه با حداقل ممکن از این مایعات باید کار کرد. معمولاً در آزمایشگاهها پوسترهایی در ارتباط با آشناسازی شما با خطرات ناشی از مواد شیمیایی و طرز مقابله با آنها و همچنین طرز خنثی نمودن اثرات این مواد روی پوست و چشم و خلاصه اعضای بدن وجود دارد. با توجه به این پوسترها و یادگیری علامتهای بین‌المللی (خطر- سمی بودن- قابل انفجار بودن- اشتعال پذیری...) می‌توانید خود و محیط آزمایشگاه را از هرگونه مشکلی ایمن سازید. قبل از شروع به کار آزمایشگاهی محل این پوسترها را در آزمایشگاه خود بیابید و لحظاتی را جهت فراگیری نکات آن صرف کنید. ضمناً کتاب «نکات ایمنی آزمایشگاهی»<sup>۱</sup> در این رابطه می‌تواند کمک بزرگی باشد.

### خلاصه قوانین آزمایشگاه

۱. پس از پایان کار، کلیه وسایل و ظروف مورد استفاده را خشک و تمیز کرده و تحویل دهید. میزکار آزمایشگاه را خوب شسته و تمیز کنید.
۲. کلیه مواد دور ریختنی و کاغذ باطله را در سطل آشغال بریزید. هیچ‌گاه کبریت، کاغذهای صافی و واکنشگرها را در سطل زباله و دستشویی نریزید. محلولهای غیرلازم را با توجه به تذکرات قبلی از دسترس دور کنید و هرگز بدون شناخت مواد آنها را در دستشویی نریزید زیرا اسیدها و نمکهای نقره و مس و جیوه خاصیت خوردندگی داشته و باعث پوسیدگی در لوله‌های فاضلاب مخصوصاً لوله‌های سربی می‌شوند.

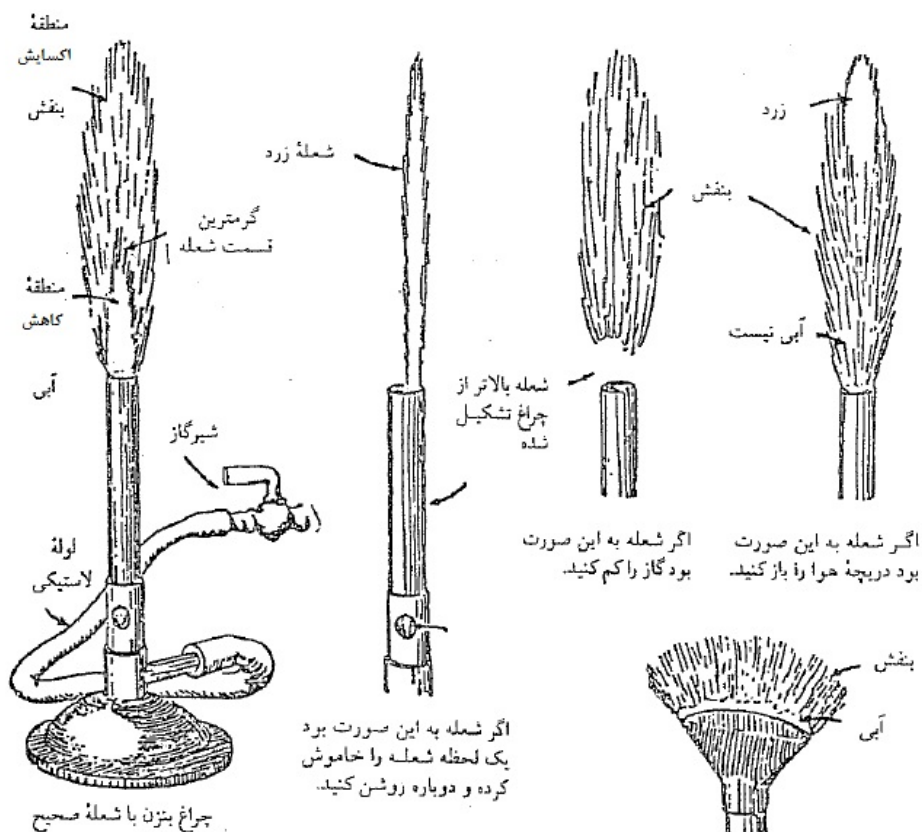
<sup>۱</sup> - Handbook of lab safety (CRC)

۳. شیشه‌های محلولهای عمومی را که محل معینی دارند همیشه در جای خود بگذارید و از انتقال آنها خودداری کنید. برای حمل محلولها از لوله‌های آزمایش تمیز و برای مواد جامد از شیشه ساعت و یا کاغذ چهارگوش استفاده کنید.
۴. قبل از برداشتن مواد از شیشه برچسب آن را با دقت بخوانید.
۵. از واکنشگرها به اندازه مورد احتیاج بردارید.
۶. هیچ‌گاه مواد شیمیایی استفاده شده را به شیشه اصلی بازنگردانید.
۷. پی‌پت و یا قطه چکان خود را به داخل شیشه‌های محلول فرو نبرید.
۸. هیچ‌گاه در شیشه‌های محلول را روی میز نگذارید چون آلوده شده و لذا باعث آلودگی محلول می‌شوند.
۹. استوانه‌های مدرج و بطریهای شیشه‌ای را گرم نکنید چون به آسانی می‌شکنند، در موقع گرم کردن محلولهای در لوله آزمایش، نباید قسمت سطح بالای محلول را حرارت دهید زیرا باعث شکستن لوله می‌شود. ظروف چینی مقاومت زیادی در برابر گرما داشته و می‌توان از آنها در دماهای زیاد استفاده کرد. در موقع حرارت دادن مستقیم ظروف آنها را به طور متناوب گرم نمایید و از حرارت دادن شدید در ابتدا خودداری کنید.

## عملیات آزمایشگاهی

به نکات زیر توجه نموده و به دقت مطالعه نمایید.

### ۱. چراغهای آزمایشگاهی



شکل ۱

چراغ بنزن که شعله آن به طور مخروطی شکل می‌باشد متداول‌ترین چراغ آزمایشگاهی است (شکل ۱) و شعله آن از دو قسمت تشکیل شده است که قسمت مخروطی شکل داخلی که رنگ آبی دارد (قسمت کاهش) و قسمت مخروطی شکل خارجی آن که بنفش است (قسمت اکسایش) شعله می‌باشد، برای گرم کردن ظروف از قسمتی که بین این دو مخروط قرار دارد استفاده می‌شود.

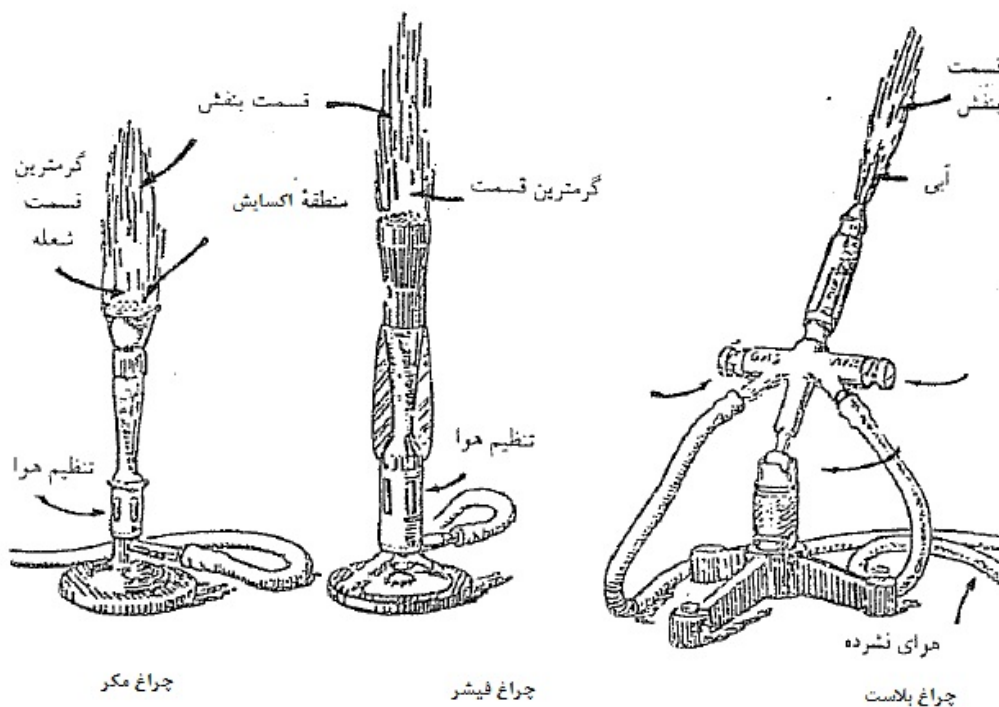
در شکل ۲ انواع چراغهای آزمایشگاهی نشان داده شده است.

## ۲. شکل دادن میله و لوله‌های شیشه‌ای در آزمایشگاه

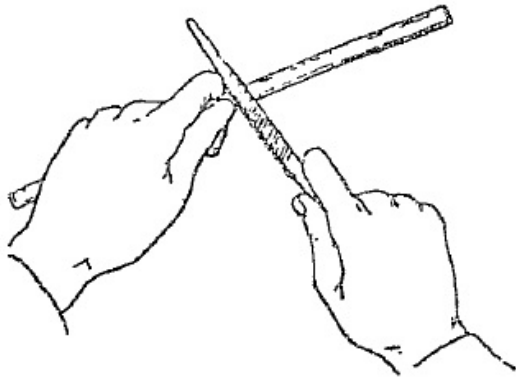
در شکل ۳ و ۴ کارهای ساده شیشه‌ای نشان داده شده که باید آنها را با دقت زیاد عمل کنید. سپس مطابق شکل ۵ یک آیفشان بسازید.

## ۳. طرز استفاده از محلولهای شیمیایی

در شکل ۶ و ۷ چند نمونه از طرز استفاده صحیح مواد و محلولهای شیمیایی نشان داده شده است. در موقع حمل محلولهای شیمیایی مواظب اطرافیان خود باشید و بیشتر از احتیاج خود محلول بردارید. هرگز مواد شیمیایی اضافی را به شیشه اصلی بازنگردانید. هیچ گاه در شیشه‌های محلول را روی میز نگذارید پی‌پت و قطره چکان خود را داخل محلولهای عمومی نکنید. قطره چکان را داخل محلول خود نکنید (شکل ۸)، وقتی محلول یا ماده شیمیایی بیرون ریخت فوراً آن را تمیز کنید.

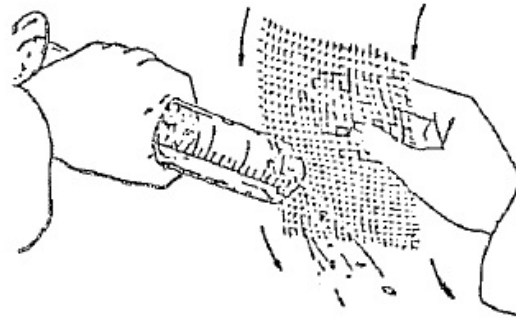


شکل ۲

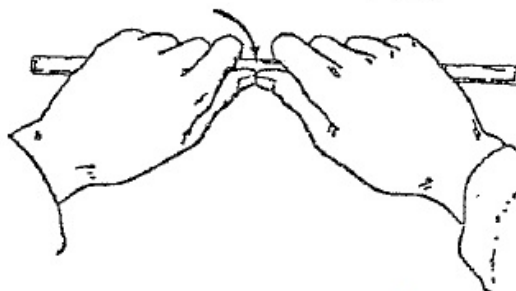


ابتدا:

لوله توخالی را به وسیله لبه سرهان سه گوش خراش دهید.

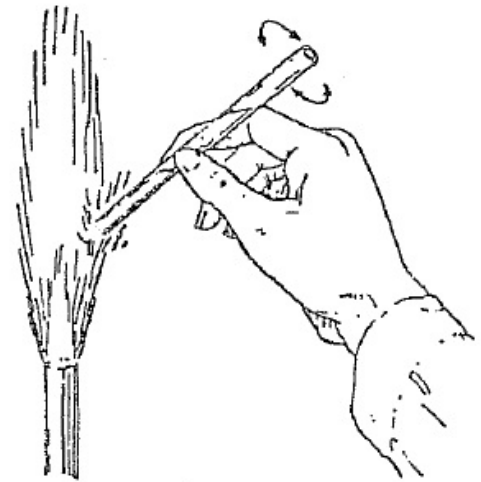


لبه‌های شکسته استوانه مدورج و با لوله‌های بزرگ را با سائیدن آن روی تور سیمی صاف کنید.



سپس:

انگشتان دست خود را پشت قسمتی از لوله که خراش داده‌اید قرار دهید.

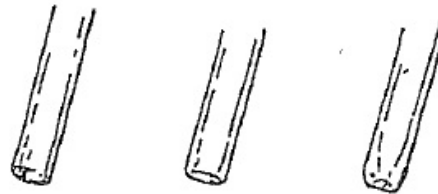


لوله را به آهستگی روی شعله بگیرید و آنقدر آن را حرکت دهید تا لبه‌های لوله کاملاً گرد شود.



در نهایت:

بکشید و به سرعت خم کنید.



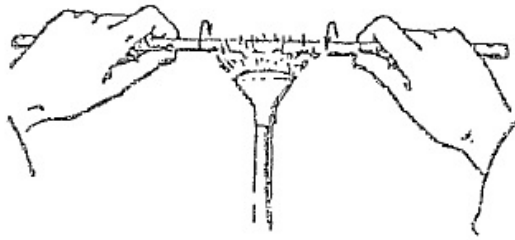
لبه بریده شده

بعد از حرارت دادن

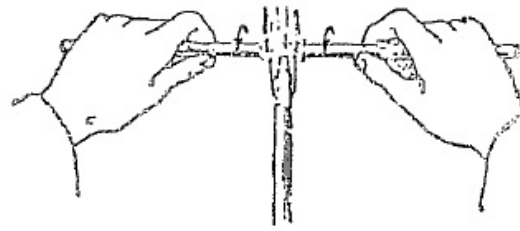
این لوله زیاد حرارت داده شده

شکل ۳

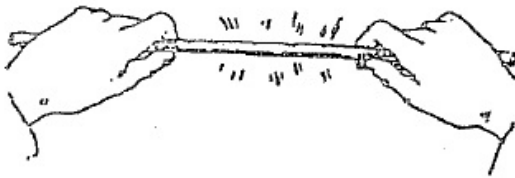




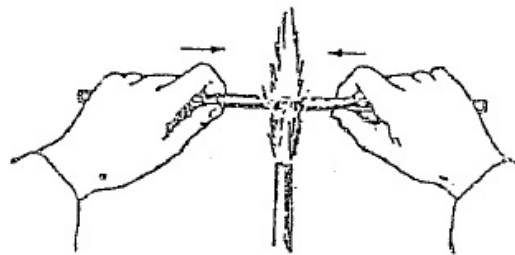
لوله را روی شعله آفتندر به جلو و عقب بچرخانید تا کاملاً نرم شود.



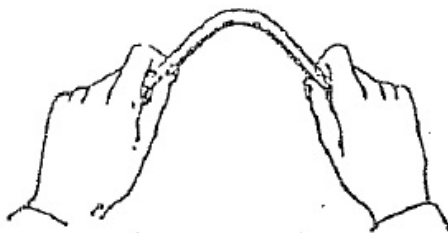
لوله را روی شعله چراغ بچرخانید تا نرم شود. از شعله‌های پخش استفاده نکنید.



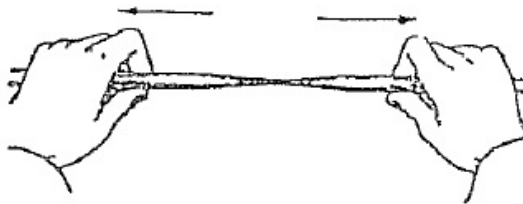
از شعله دور کنید و برای چند لحظه صبر کنید تا گرمای آن کاملاً یکنواخت شود.



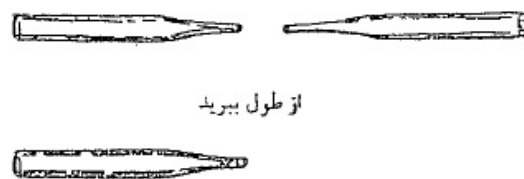
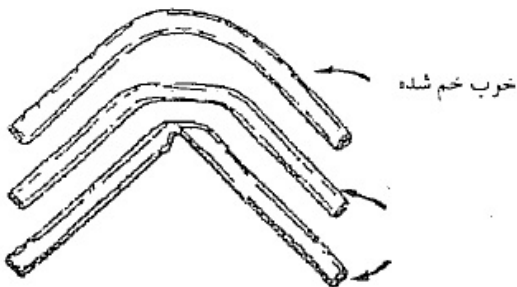
لوله را کمی فشار دهید تا کوتاه‌تر شود و ضخامت جدار لوله تقریباً دو برابر ضخامت اولیه شود.



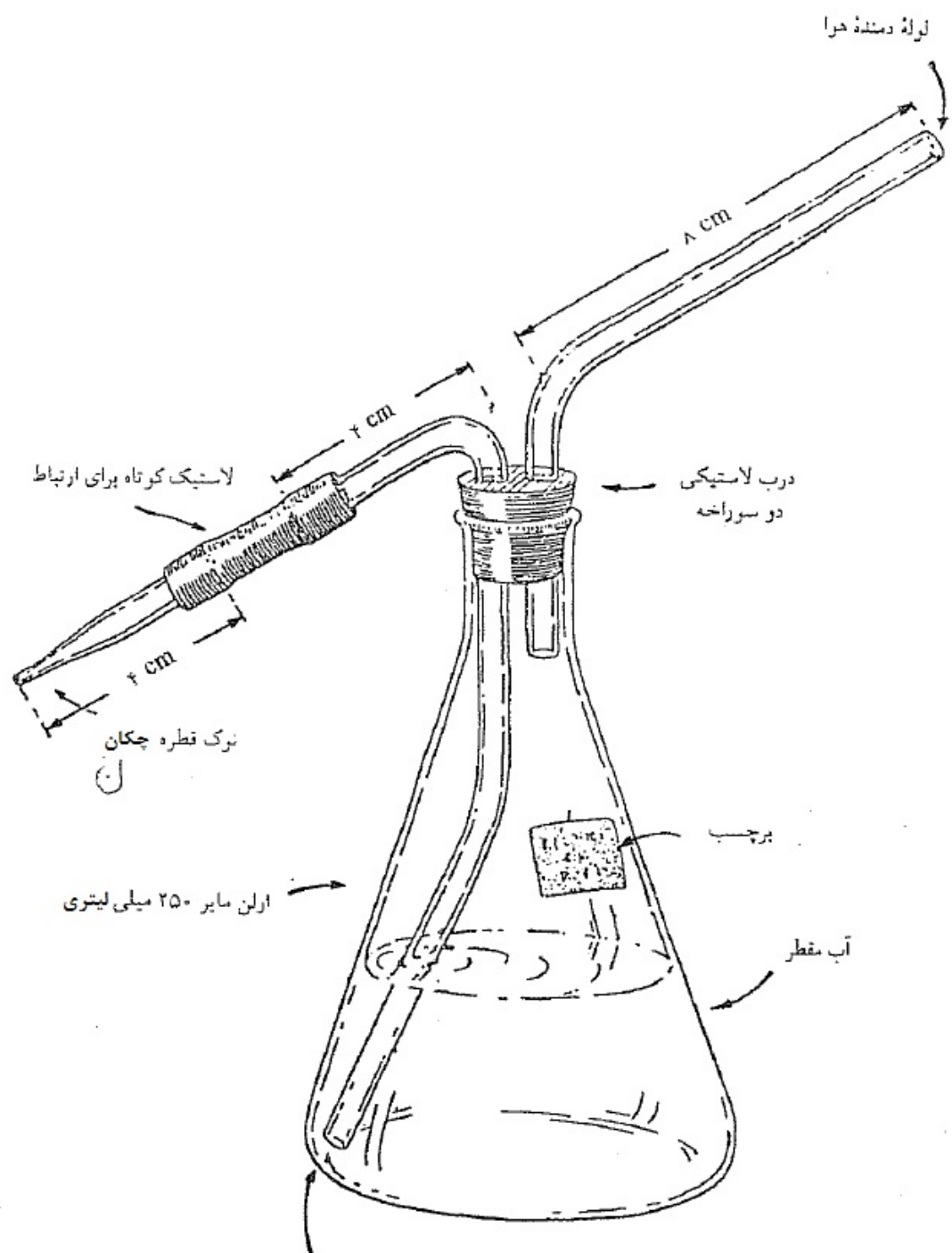
به شکلی که می‌خواهید خم کنید و پس از خم کردن محکم نگه دارید.



از شعله دور کنید و پس از یک لحظه آفتندر بکشید تا قسمت نرم شده به اندازه دلخواه نازک شود.

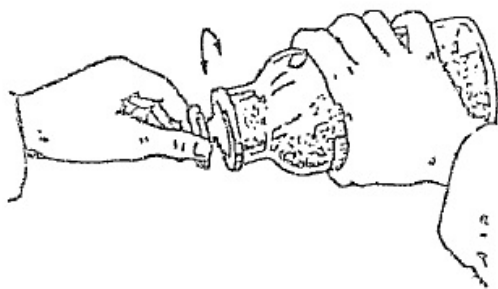


شکل ۴



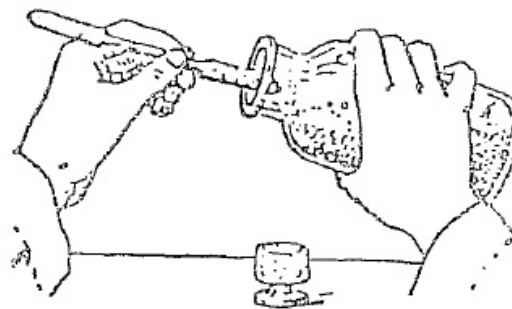
این لوله باید تا کمی به ته  
سائنده ادامه داشته باشد.

شکل ۵- ساختار آبفشان

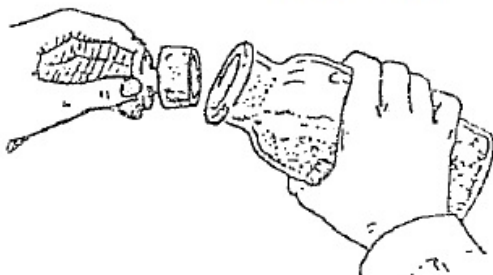


ابتدا:

شیشه را کج کنید تا اینکه قسمتی از محتوی آن داخل در شیشه ای شود.



مقدار کم از ماده را همیشه با اسپاتول بردارید.

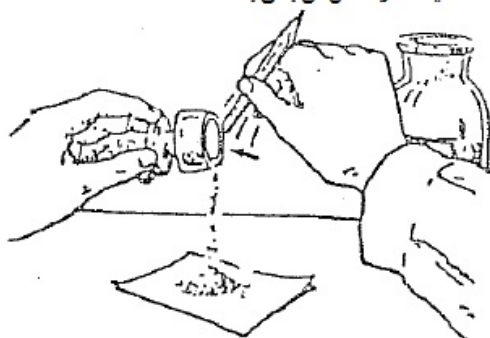


سپس:

در را به طوری بردارید که مقداری از محتوی شیشه در داخل آن باقی بماند.

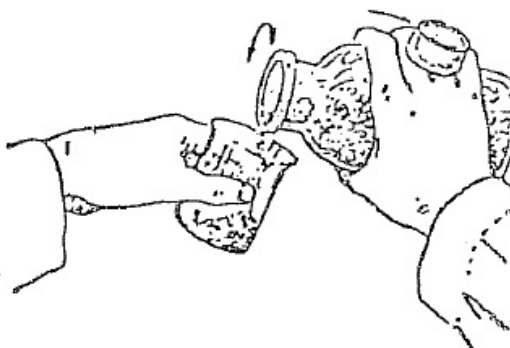


به اسپاتل ضربه بزنید تا ماده به اندازه کافی از آن بیرون بریزد.



در نهایت:

آهسته به وسیله مداد به در بزنید تا به اندازه دلخواه از جسم بیرون بریزد.



شیشه را خم کنید تا ماده به اندازه کافی بیرون بریزد.

شکل ۶ - برداشتن پودر و کریستالها از شیشه

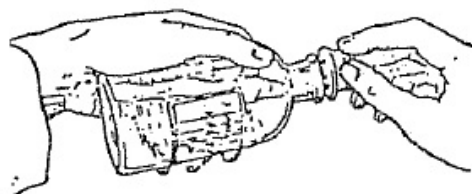


ابتدا:  
برچسب را با دقت بخوانید.

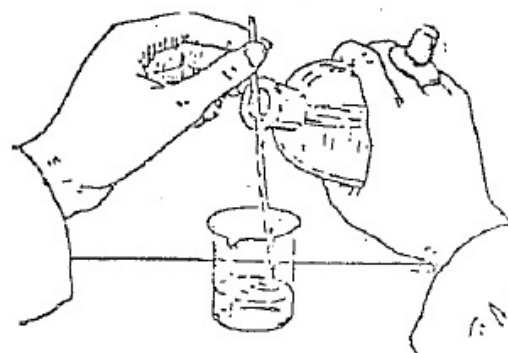
هرگز در شیشه های محلول  
را روی زمین نگذارید.



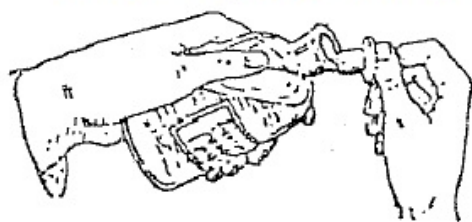
مرطوب بودن دهانه و لبه از ریختن قطره  
اولیه جلوگیری خواهد کرد.



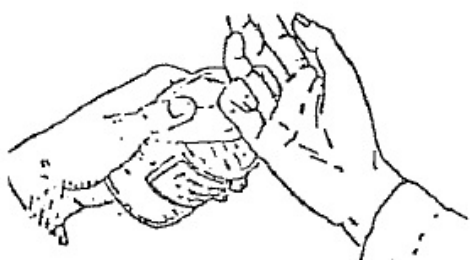
سپس:  
در حالی که در را نگهداشته اید، بطری را کج کنید  
تا در به وسیله محلول داخل شیشه مرطوب شود.



محلول را از بالا به پایین روی میله شیشه ای  
بریزید.



آنگاه:  
داخل دهانه و لبه آن را به وسیله در مرطوب کنید.

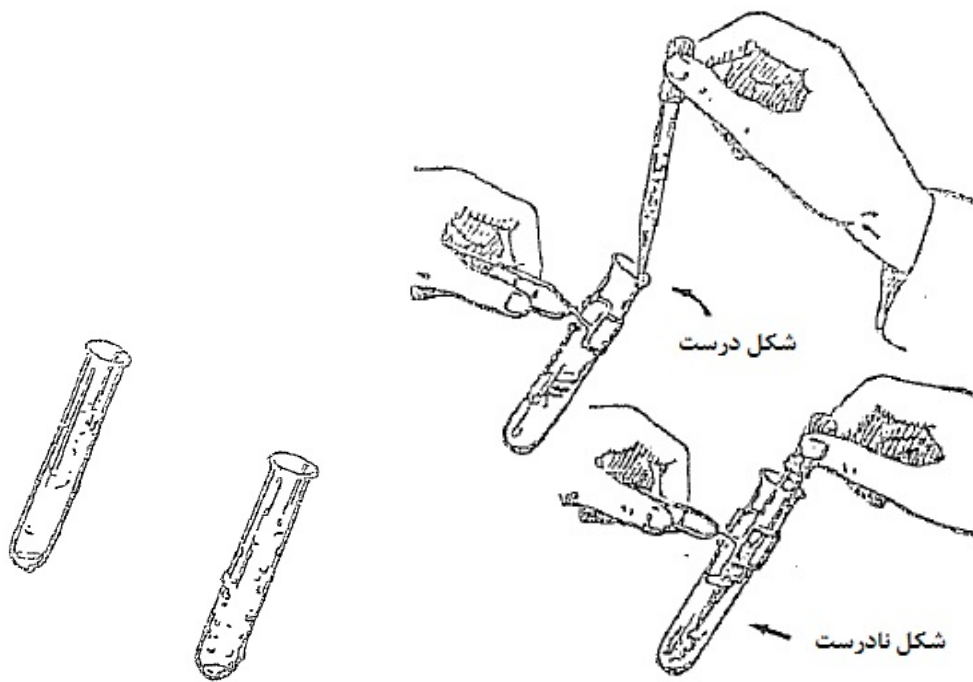


در نهایت:  
در را جایش بگذارید و دوباره آن را با  
پشت دست باز کنید.



اگر محلولی را می خواهید از بشری به بشر  
دیگر منتقل کنید، به طریق بالا عمل کنید.

شکل ۷- انتقال مایعات



شکل ۹

شکل ۸

#### ۴. شستشو و خشک کردن ظروف شیشه‌ای

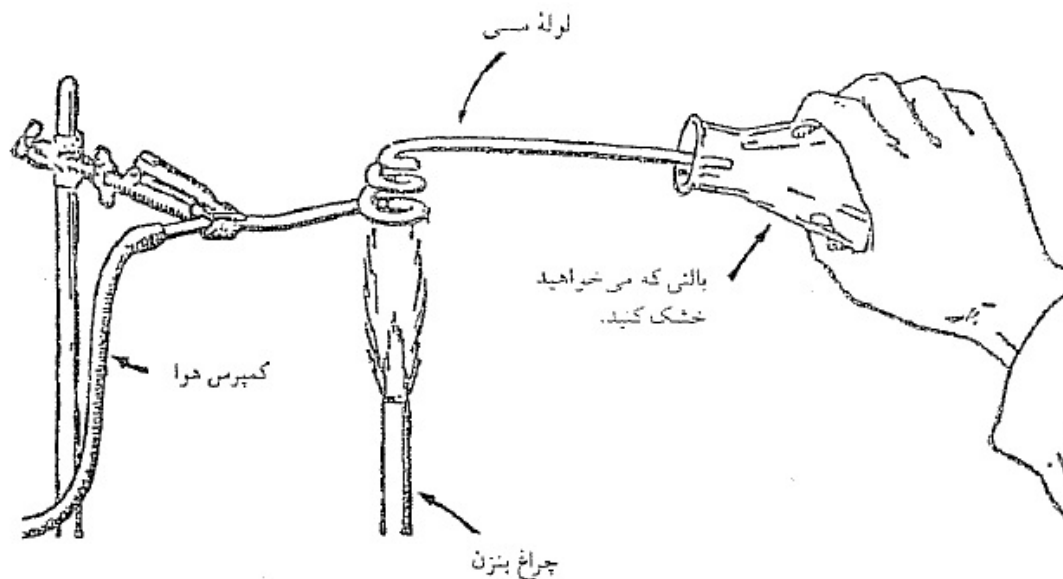
اغلب ظروف به آسانی تمیز می‌شوند. ابتدا ظروف را با مابع ظرفشویی، سپس با آب و در آخر با آب مقطر بشویید (شکل ۹)، لوله آزمایش را با برس بشویید و مابض باشید که فلز سر برس بیرون نباشد. در صورتی که لوله آزمایش با آب تمیز نشد به ترتیب می‌توان از نیتریک اسید رقیق، غلیظ، و سولفوکرومیک اسید و تیزاب استفاده کرد. برای خشک کردن داخل ظروف می‌توان از گرمای چراغ بنزن استفاده کرد و یا از دمیدن هوای خشک فشرده به داخل ظروف استفاده کرد. برای استوانه‌های مدرج و ظروف سنگین مانند بطری از هوای گرم استفاده می‌شود. به این ترتیب که هوای فشرده را از داخل یک لوله مسی مارپیچ (شکل ۱۰) که قسمت مارپیچ حرارت داده می‌شد گذرانده و به داخل ظروف وارد نمود.

#### ۵. جدا کردن رسوب

رسوب را از محلول به سه طریق می‌توان جدا نمود.

##### ۱. صاف کردن

ساده‌ترین نوع استفاده از قیف و کاغذ صافی است. در صورتی که دانه‌های رسوب خیلی ریز باشد به طوری که از به طوری که از کاغذ صافی رد شود باید آن را در محلول خود مدتی به حال خود گذاشت و یا اینکه آن را گرم نمود. این عمل باعث درشت شدن دانه‌های رسوب می‌شود. در شکل ۱۱ طرز صاف کردن نشان داده شده است. برای شستشوی رسوب بهتر است چندین بار با مقادیر کم آب آن را بشویید.



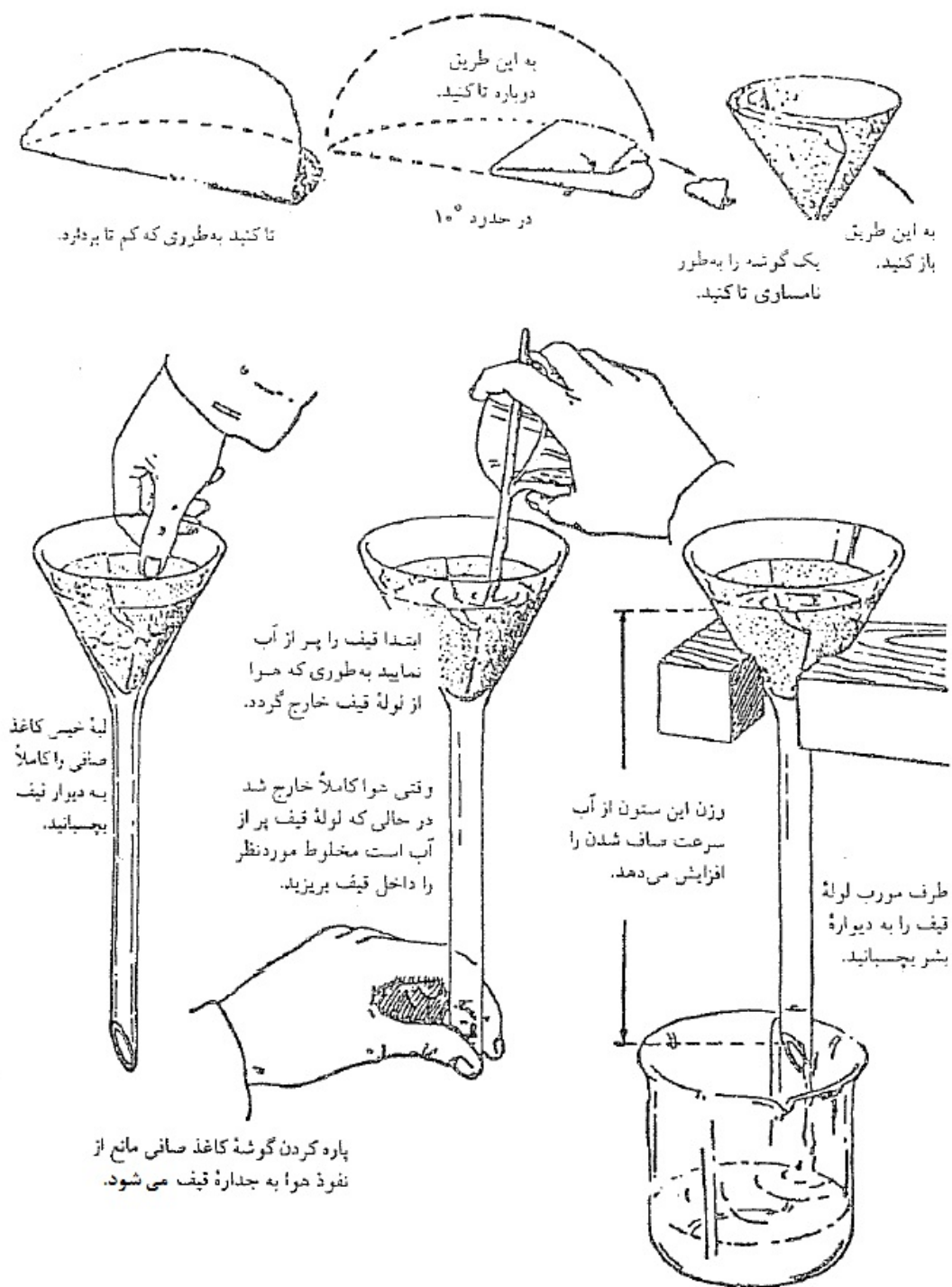
شکل ۱۰

## ۲. سرریز کردن

اگر رسوب در محلول به صورت معلق باشد ابتدا آن را مدتی به حال خود بگذارید تا ته‌نشین شود سپس محلول زلال روی رسوب را با دقت خارج کنید. آنگاه به رسوب آب اضافه کنید و پس از مدتی دوباره محلول روی رسوب را خارج نمایید. این عمل باید چندین بار تکرار شود (شکل ۱۲).

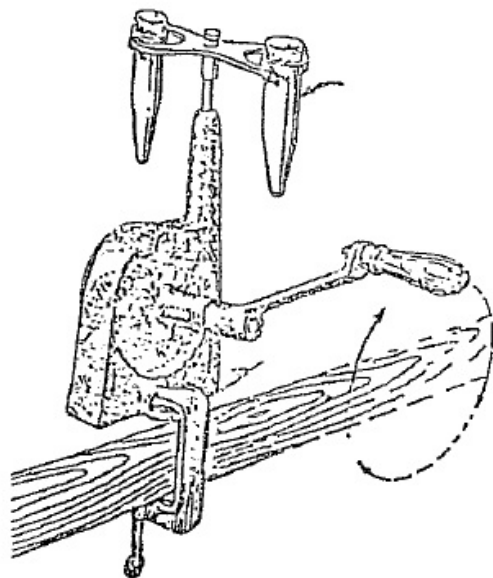
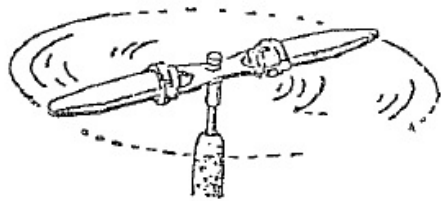
## ۳. سانتریفوژ

بهترین روش صاف کردن استفاده از سانتریفوژ است. در این عمل نیروی گریز از مرکز جانشین نیروی نقل شده و رسوب به خوبی از محلول جدا می‌شود (شکل ۱۳).

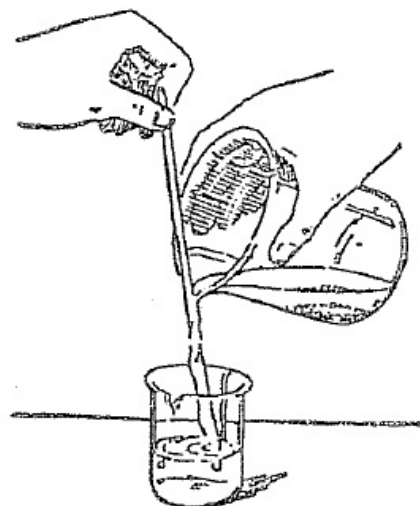


شکل ۱۱ - عمل صاف کردن





شکل ۱۳



شکل ۱۲

## ترازوهای آزمایشگاهی

ترازوهای کپه‌ای (شکل ۱۴) برای اندازه‌گیری‌هایی که دقت حدود  $0/1$  گرم لازم دارند به کار برده می‌شود و ترازوی یک کپه‌ای شکل ۱۵ دارای دقت حدود  $0/01$  گرم است و برای کارهای دقیق‌تر به کار برده می‌شود. شکل‌های ۱۶ و ۱۷ ترازوهایی را نشان می‌دهد که برای اندازه‌گیری تا حدود میلی‌گرم مورد استفاده قرار می‌گیرد.

## استفاده از ترازو

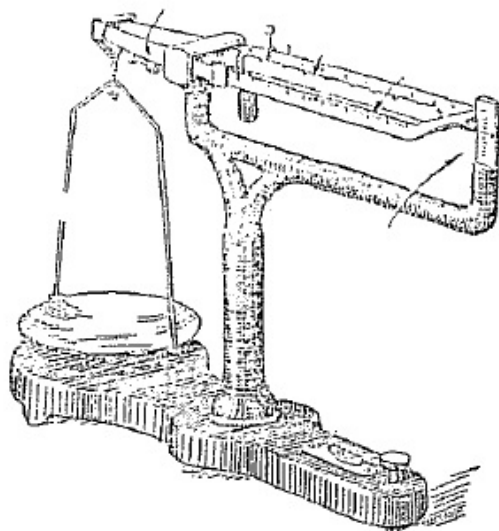
در موقع استفاده از ترازو به نکات زیر توجه کنید.

۱. برای آزاد کردن ترازو از دکمه مربوطه استفاده کنید ولی به آن ضربه وارد نیاورید.
۲. در موقع گذاردن و برداشتن وزنه و یا ظرف به داخل کپه‌های ترازو کپه‌ها نباید آزاد باشد.

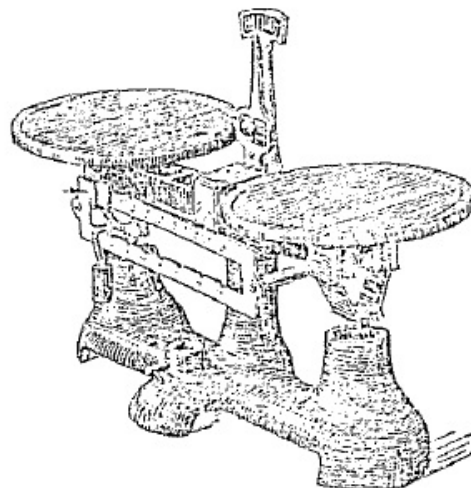


۳. هیچ‌گاه مواد را مستقیماً به داخل کپه‌های ترازو نگذارید برای این منظور از کاغذ یا بشر و یا بوته‌های چینی استفاده کنید.

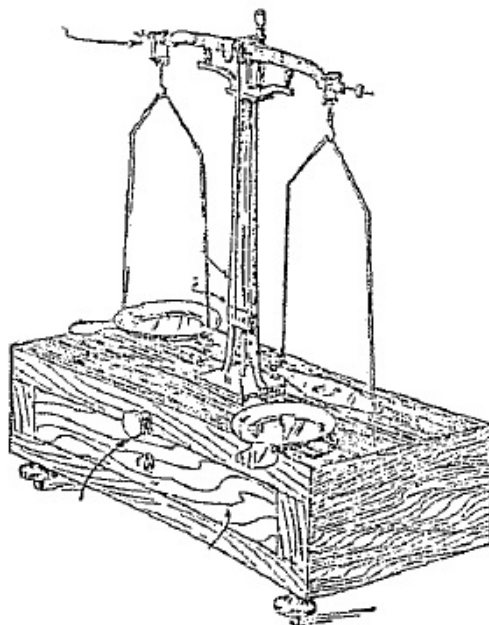
۴. هیچ‌گاه ظروف را در حالت داغ و حتی گرم وزن نکنید. چون جریان هوای ایجاد شده باعث نوسان کپه‌های ترازو می‌شود.



شکل ۱۵



شکل ۱۴

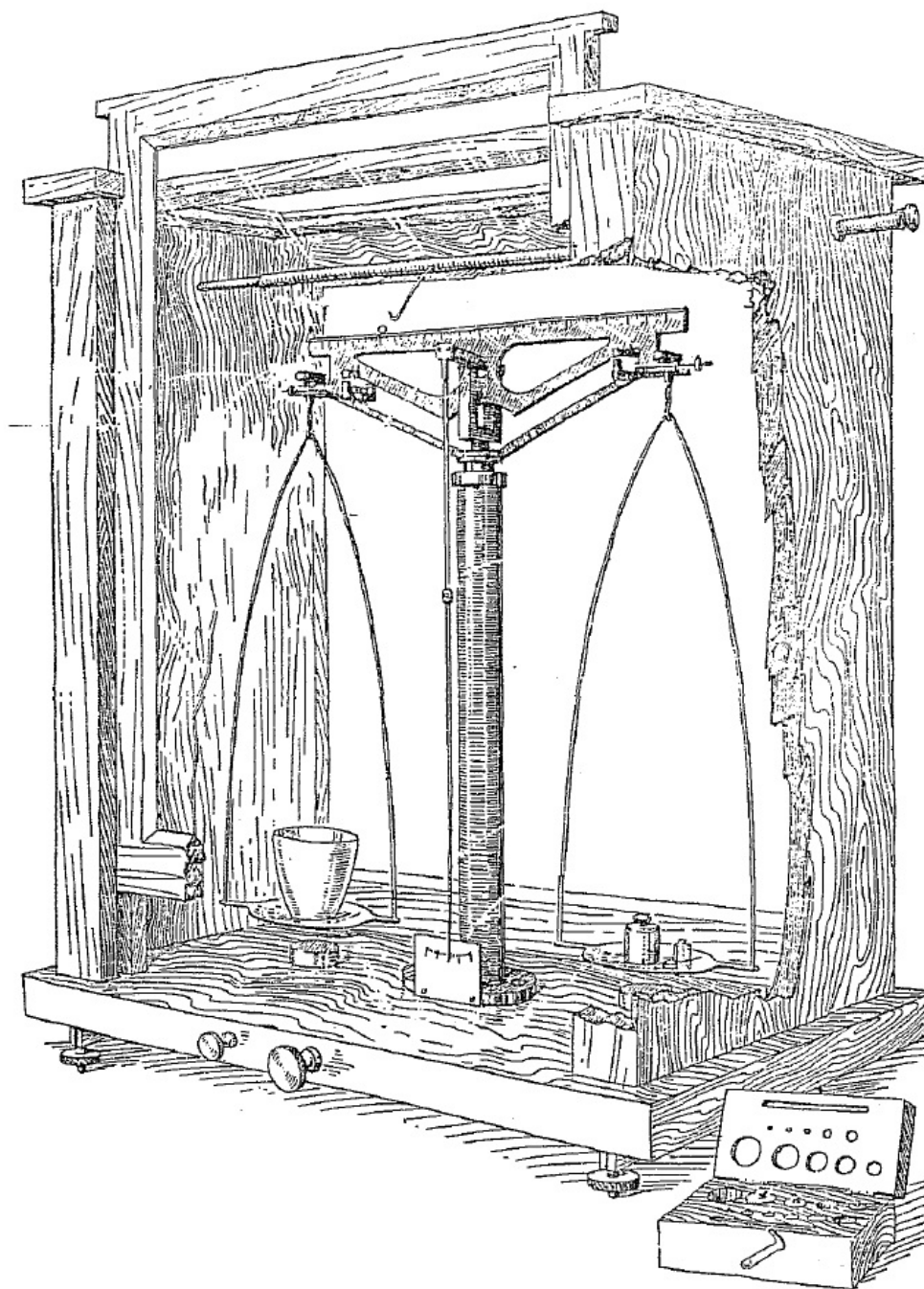


شکل ۱۶

۵. وزنه‌های ترازو را هیچ‌گاه با دست برندارید. همیشه از پنسهای مخصوص استفاده نمایید. همیشه از

وزنه‌های یک جعبه وزنه معین استفاده کنید.

۶. برای توزین دقیق و همیشه پس از پایان هر توزین در ترازو را ببندید.



شکل ۱۷

۷. برای هر تغییر در میزان کردن ترازو از مسئول آزمایشگاه کمک بخواهید.

## روش توزین

می‌توانید تا حدود میلی‌گرم را دقیقاً وزن کنید. طرز کار با ترازوی موجود در آزمایشگاه برای شما شرح داده می‌شود. تا موقعی که کاملاً مهارت در توزین پیدا نکرده‌اید با ترازوهای دقیق حدود  $0/0001$  گرم وزن نکنید. در هنگام توزین به نکات زیر توجه کنید.

۱. دقت کنید وزنه‌ها در وسط کپه‌های ترازو قرار گیرد و نیز کپه‌ها تمیز باشند و دسته و تیغه ترازو در وضع صحیح قرار گرفته باشد. سواره ترازو در روی صفر قرار بگیرد. وقتی ترازو را آزاد کنید عقربه نوسان می‌کند که این از نوسانات ترازو و مرکز ترازو معلوم می‌شود. باید مرکز ترازو را با دقت نیم‌درجه تعیین کرد این نقطه را مرکز ترازو می‌نامند. اگر نقطه تعادل بیش از دو یا سه درجه از مرکز فاصله داشته باشد باید دوباره ترازو را میزان کرد.

۲. گذاردن اشیاء و وزنه در روی کپه‌های ترازو. بعد از میزان کردن ترازو شیء را در کپه چپ و وزنه‌ها را در کپه راست قرار دهید. هر بار که مقدار وزنه‌ها را تغییر می‌دهیم باید تعادل ترازو را امتحان کنید و به این طریق ادامه دهید تا وزن صحیح شیء معلوم شود.

۳. میزان کردن سواره. ابتدا در ترازو را برای جلوگیری از ورود جریان هوا ببندید. وزن سواره  $10$  گرمی را طوری تنظیم کنید که نقطه تعادل مطابق نقطه تعادلی باشد که پیشتر تعیین نموده بودید.

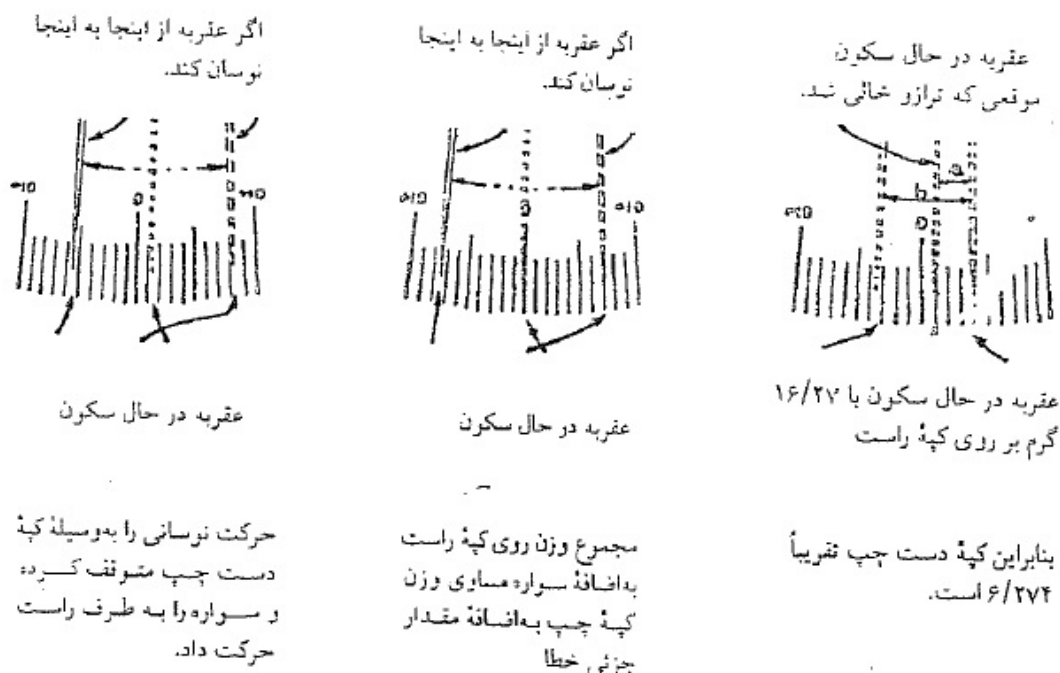
۴. طرز استفاده از صفحه مدرج ترازو. در مورد ترازوهای بدون سواره به طریق زیر می‌توان اوزان را تا هزارم گرم به دست آورد. فرض می‌کنیم که عقربه در حال سکون روی عدد  $1$  سمت راست صفحه مدرج قرار گرفته باشد (شکل ۱۸). وزن جسم با قرائت وزنه‌های روی کپه  $16/270$  است (با تقریب  $10$  میلی‌لیتر گرم). فرض می‌کنیم در این حال عقربه ترازو روی عدد  $4+$  صفحه مدرج قرار گرفته باشد حال یک وزنه  $10$  میلی‌گرم به کپه سمت راست اضافه می‌کنیم و دوباره صفحه مدرج را می‌خوانیم مشاهده می‌شود که عقربه روی عدد  $3/5$  قرار گرفته است، بدین ترتیب دیده می‌شود که با افزودن  $10$  میلی‌گرم به سمت راست عقربه روی صفحه مدرج کلاً به اندازه  $7/5$  درجه تغییر کرده است، در صورتی که بخواهیم فقط سه

واحد به طرف +۱ حرکت کند، بنابراین باید مقدار  $4 = 10 \times \frac{3}{7/5}$  اضافه می‌کردیم که در این صورت وزن

نهایی برابر ۱۶/۲۷۴ خواهد بود.

۵. حساب کرده وزنه‌ها. پس از توزیه تعداد وزنه‌ها را به دقت شمرده و سپس مقدار آنها را با کمال دقت

نوشته و یکبار دیگر هم بررسی و سپس وزنه‌ها را به آرامی به داخل جعبه وزنه برگردانید.



شکل ۱۸

## اندازه‌گیری حجمی

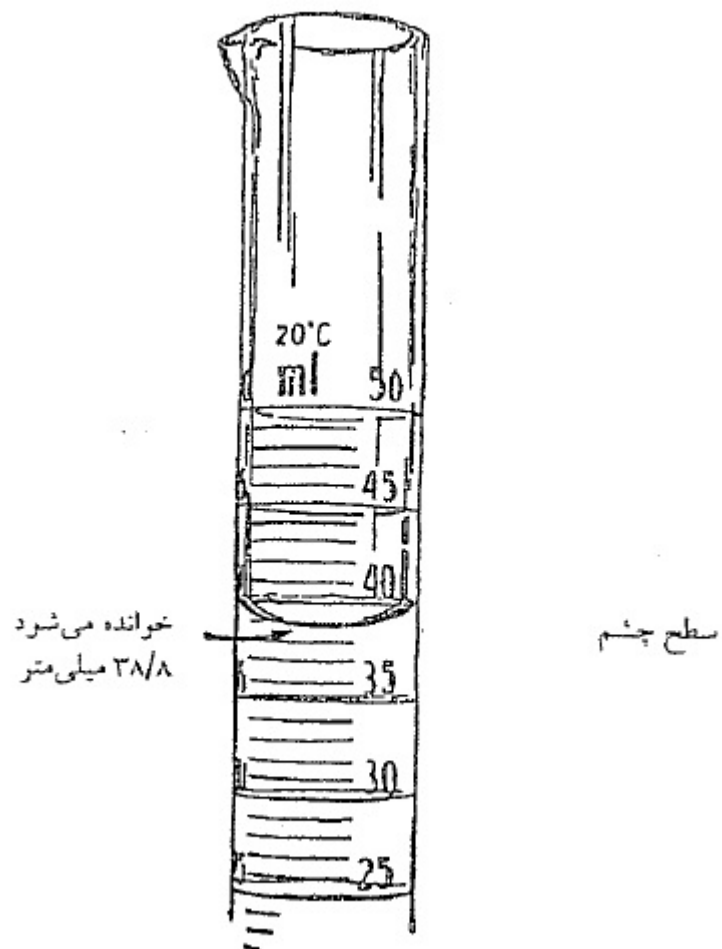
اندازه‌های استوانه‌های مدرج خیلی دقیق نبوده و باید برای آزمایشهای خیلی دقیق از این گونه ظروف استفاده نشود.

برای انجام آزمایشهای شیمیایی نباید از استوانه‌های مدرج بزرگ استفاده کرد و یا آن را حرارت داد زیرا به آسانی

می‌شکنند. برای مقادیر کم از استوانه‌های مدرج کوچک باید استفاده کرد.

طرز خواندن سطح مایع: برای خواندن مایع اغلب باید سطح پایین مایع را خواند، (شکل ۱۹) چشم باید هم سطح،

سطح مایع باشد. گزاردن یک کاغذ در پشت ظرف به خواندن صحیح کمک می‌کند.



شکل ۱۹

## تعیین وزن مولکولی گازها

رابطه بین قانون آوگادرو- حجم مولی و قانون عمومی گازها در آزمایش زیر نشان داده می‌شود. با مفروضات فوق می‌توانیم بگوییم که وزن مولکولی گازها عبارت از وزن (برحسب گرم)  $22/4$  لیتر از گاز در شرایط متعارفی است. هم چنین وزن مولکولی مایعاتی که نقطه جوش آنها نسبتاً پایین است یا جامداتی که به سهولت تبخیر می‌شوند قابل محاسبه می‌باشند.

در این آزمایش مستقیماً وزن و حجم گاز را در دما و فشار ثابت (آزمایشگاه) می‌توانید اندازه بگیرید. ابتدا وزن کامل یک بالن  $200-300$  میلی‌لیتری پر از هوای خشک را به دست آورید. با دانستن چگالی هوا حجم بالن، وزن هوای داخل بالن و وزن بالن خالی را حساب کنید. اختلاف بین وزن بالن و وقتی که بالن پر از گاز می‌باشد، حجمی از گاز است که در داخل بالن جمع شده است.

گازهای مختلف مانند کربن دی اکسید ( $CO_2$ )، گوگرد دی اکسید ( $SO_2$ )، آمونیاک ( $NH_3$ )، نیتروژن ( $N_2$ )، نیتروژن‌واکسید ( $N_2O$ )، متان ( $CH_4$ )، و استیلن ( $C_2H_2$ ) را می‌توانید برای این آزمایش به کار ببرید.

وقتی منابع گازهای فشرده در دسترس باشد عمل به سادگی انجام می‌گیرد. در صورتی که بخواهید گازهای مورد احتیاج را تهیه کنید باید مطالعه بیشتری داشته باشید. باید پیش از آزمایش مشخصات و روش‌های تهیه گازهای مورد استفاده را مطالعه کنید.

دستور کار لازم برای تهیه کربن دی اکسید داده خواهد شد. گوگرد دی اکسید را می‌توانید در دستگاهی مشابه به وسیله استفاده از سیم بی‌سولفیت به جای سنگ مرمر تهیه کنید. در این حالت به آرامی مخلوط را گرم کنید تا گاز گوگرد دی اکسید حمل پذیر از محلول خارج شود.

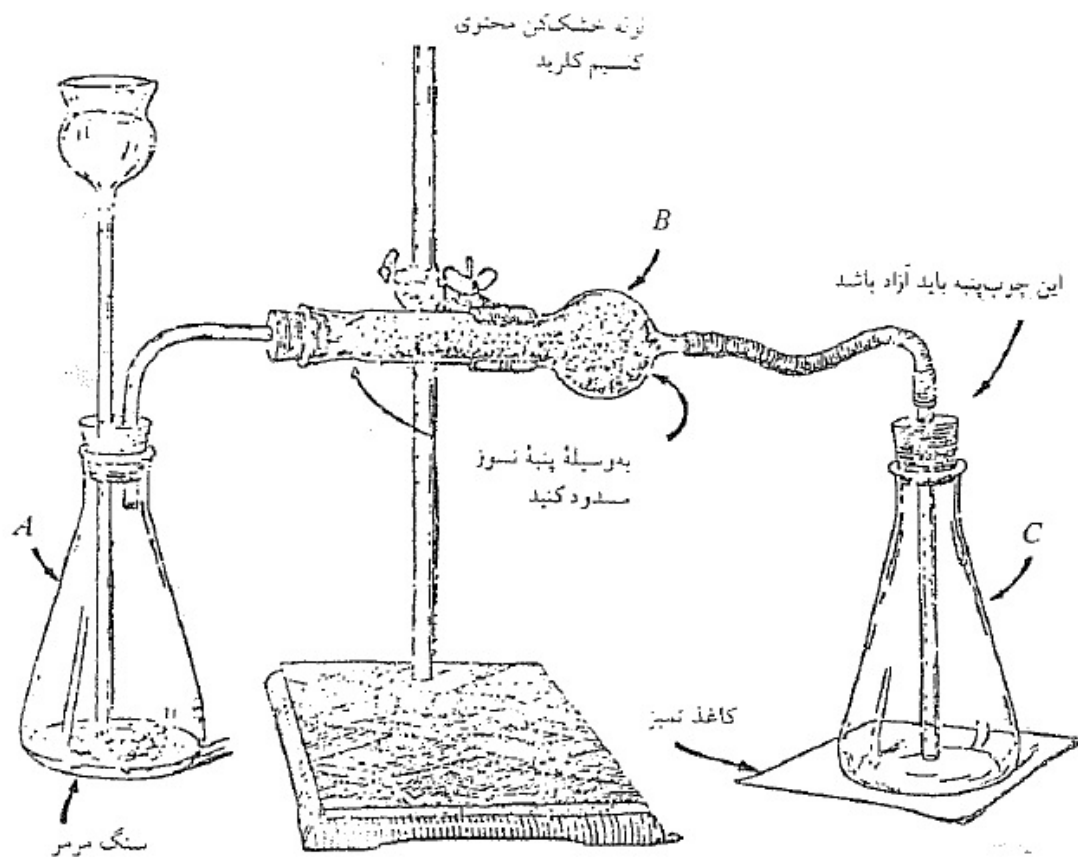
### آزمایش

وسایل مورد نیاز: ترازوی آنالیتیک، قیف لوله ؟؟- لوله کلسیم کلرید، دماسنج  $110^{\circ}C$ . مواد لازم.  $CaCO_3$  (سنگ مرمر) برای تولید  $CO_2$  و  $NaHSO_4$  برای تولید  $SO_2$  و غیره.

دستگاهی مطابق شکل ۱ می‌سازیم یک ارلن ۲۵۰ میلی‌لیتری خشک و تمیز اختیار کرده و سپس به وسیله چوب پنبه دو سوراخه یک لوله شیشه‌ای را به داخل ارلن نزدیک انتهای آن وارد کنید این لوله توسط یک لوله لاستیکی به لوله خشک‌کن B متصل شده است که این لوله محتوی کلسیم کلرید می‌باشد. دو طرف لوله را با یک تکه پنبه نسوز مسدود کنید. در ارلن C را آن طور آزاد بگذارید تا گاز داخل آن بتواند خارج شود. جریانی از هوای خشک شده را به آرامی از داخل ارلن C دست کم به مدت ۵ دقیقه عبور دهید. اگر ارلن C قبلاً گرم شده است در هنگام عبور هوا از داخل آن خشک می‌شود در این موقع باید دقت شود که کاملاً خشک گردد.

برای تولید گاز کربن دی‌اکسید، ارلن (A) ۲۵۰ میلی‌لیتری متصل به یک قیف لوله؟؟ که لوله آن تقریباً تا انتهای ارلن ادامه دارد تهیه می‌شود. ضمناً ارلن (A) از طریق سوراخ دیگر چوب پنبه هماهنگ‌گونه که پیشتر اشاره شد توسط یک لوله نازک شیشه‌ای خمیده عبور داده شده از چوب پنبه، وارد لوله کلسیم کلرید (B) می‌شود. وقتی دستگاه کامل شد حدود ۲۵g سنگ مرمر ( $CaCO_3$ ) به داخل ارلن A ریخته و ۱۰mL آب از طریق قیف به آن اضافه کنید. تا تمام دستگاه آماده نشده است از اضافه نمودن اسید اجتناب کنید.

لوله لاستیکی را از ارلن C خارج نموده ارلن را با چوب پنبه و لوله تا حدود ۱g/۰۰۰ وزن کنید. سپس ارلن را با احتیاط به لوله لاستیکی متصل به لوله خشک‌کن (B) صل و ته آن را در روی یک کاغذ سفید، تمیز و خشک قرار دهید تا از آلوده شدن آن به وسیله میز کار جلوگیری شود، چوب پنبه در ارلن C را شل کنید به طوری که هوای داخل ارلن بتواند به راحتی خارج شود. وقتی دستگاه آماده شد به کمک؟؟ اسید ۲M را کم کم به ارلن A اضافه کنید و بدین ترتیب سرعت تشکیل گاز را یکنواخت کنیم. از اضافه کردن زیاد اسید خودداری کنید. نزدیک به ۱۰ دقیقه عمل ورود  $CO_2$  را به ارلن C ادامه دهید. با این عمل  $CO_2$  جانشین هوای داخل ارلن (C) می‌شود. در آخر لوله لاستیکی را از ارلن (C) جدا نموده، چوب پنبه را محکم و بدون دستمالی زیاد و غیرلازم، ارلن و محتویات آن با لوله شیشه‌ای و چوب پنبه سر آن را وزن کنیم. این توزین باید به سرعت انجام گیرد تا از ورود هوا به داخل ارلن جلوگیری شود. دوباره ارلن C را به لوله کلسیم کلرید



متصل کنید. برای ۱۰ دقیقه دیگر اضافه کردن اسید را به سنگ مرمر ادامه دهید و مجدداً پس از گذشت ۱۰ دقیقه ارلن (C) و چوب پنبه در آن و لوله شیشه‌ای عبور کرده از چوب پنبه را وزن کنید. اگر این دو وزن یکسان نبود برای بار سوم عمل فوق را تکرار کنید تا سرانجام دو وزن متوالی یکی شوند. پس از اطمینان از یکسان بودن وزن در دو توزین متوالی ارلن (C) را از آب پر کنید. طوری که هیچ حباب هوایی بین چوب پنبه و گلوی ارلن نباشد. آنگاه با ترازوهای مخصوص ارلن (C) و آب با چوب پنبه و لوله شیشه را وزن کنید و سپس حجم آب را اندازه بگیرید. با استفاده از حجم ارلن (حجم آب) و چگالی هوا در شرایط آزمایشگاه می‌توانید وزن هوا و سپس وزن ارلن خالی و وزن  $CO_2$  را محاسبه کنید. با داشتن وزن  $CO_2$  و شرایط گاز جرم مولکولی آن محاسبه می‌شود.

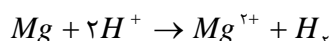


آزمایش تعیین وزن مولکولی گازها

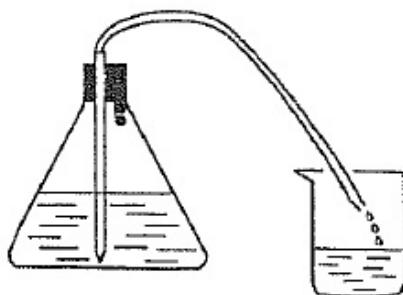
نام و نام خانوادگی	تاریخ	
وزن ارلن با $CO_2$		
وزن ارلن با آب		
وزن ارلن با هوا		
دمای ارلن		
فشار جو		
چگالی هوا در فشار و دمای ارلن		
وزن هوا		
دمای مطلق		
فشار		
حجم $CO_2$ در شرایط متعارفی		
وزن ارلن خالی با در		
وزن $CO_2$ داخل ارلن		
وزن مولکولی $CO_2$		
درصد خطا		

## تعیین وزن نمونه‌ای از منیزیم

در این آزمایش وزن یک نوار منیزیم از طریق واکنش هیدروکلریک اسید و تبدیل آن به نمک منیزیم کلرید و گاز هیدروژن و اندازه‌گیری دقیق حجم هیدروژن آزاد شده، تعیین خواهد شد. معادله شیمیایی این واکنش به شرح زیر است:



با استفاده از یک ارلن ۵۰۰ میلی‌لیتری دستگاه را مطابق شکل زیر سوال کنید. اطمینان حاصل کنید که لوله شیشه‌ای نزدیک به انتهای ارلن قرار گیرد. در غیر این صورت مقدار قابل توجهی هیدروژن از دست خواهد رفت.



بالن را تا ۲/۵ سانتی‌متر گردن آن از آب پر کنید. سپس ۱۵mL هیدروکلریک اسید غلیظ اضافه کرده و لوله رابط را از آب پر کنید. بعد از پر شدن لوله رابط از آب آن را به وسیله گیره ببندید و اطمینان حاصل کنید که حباب هوا داخل لوله نباشد.

یک قطعه نوار منیزیم را بردارید و آن را به صورت مارپیچ درآورید و به قلاب داخل بالن در دستگاه آویزان کنید. اکنون دستگاه برای سوار کردن نهایی آماده است. مواظب باشید که فلز  $Mg$  با محلول تماس حاصل نکند (چرا؟) پس از اینکه دستگاه حاضر شد و مطمئن شدید که هوا در آن نفوذ نمی‌کند انتهای لوله رابط را در بشر پر از آبی قرار دهید، سپس گیره را باز کنید و با دست بشر را بالا بیاورید تا سطح آب درون بشر و ارلن مساوی شود گیره را بسته و یک بشر خشک به جای بشر قبلی قرار دهید و دوباره گیره را باز کنید و با دقت ارلن را تکان دهید تا  $Mg$  آزاد شود و داخل محلول بیفتد بگذارید واکنش  $Mg$  با  $HCl$  تا آخر ادامه یابد. هیدروژن آزاد شده هم حجم خود آب را به داخل بشر هدایت می‌کند.

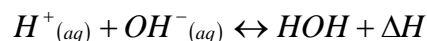
وقتی دیگر حبابهای هیدروژن آزاد نشد بشر را با دست بالا بیاورید به طوری که سطح آب درون بشر و ارلن با هم مساوی شود (چرا؟) بعد گیره را دوباره ببندید دما آب بشر و حجم آن را اندازه بگیرید فشار جو را نیز با استفاده از فشارسنج بخوانید. با استفاده از جدول مربوطه فشار بخار آب را در دمای فوق به دست آورید. فشار هیدروژن خشک را محاسبه کنید و با استفاده از قانون گازها و حجم گاز هیدروژن تعداد مولهای گاز هیدروژن و منیزیم و سپس وزن نوار منیزیم را محاسبه کنید. وزن نوار منیزیم را پیش از آزمایش از مسئول آزمایشگاه بپرسید. با داشتن وزن محاسبه شده نوار منیزیم خطای کار را به دست آورید.

جدول فشار بخار آب در دماهای مختلف

دما (°C)	فشار (mmhg)	دما (°C)	فشار (mmhg)
۰	۴/۶	۲۳	۲۱/۱
۱	۴/۹	۲۴	۲۲/۴
۲	۵/۳	۲۵	۲۳/۸
۳	۵/۷	۲۶	۲۵/۲
۴	۶/۱	۲۷	۲۶/۷
۵	۶/۵	۲۸	۲۸/۳
۶	۷/۰	۲۹	۳۰/۰
۷	۷/۵	۳۰	۳۱/۸
۸	۸/۰	۳۵	۴۲/۲
۹	۸/۶	۴۰	۵۵/۳
۱۰	۹/۲	۴۵	۷۱/۹
۱۱	۹/۸	۵۰	۹۲/۵
۱۲	۱۰/۵	۵۵	۱۱۸/۰
۱۳	۱۱/۲	۶۰	۱۴۹/۴
۱۴	۱۲/۰	۹۵	۱۸۷/۵
۱۵	۱۲/۸	۷۰	۲۳۳/۷
۱۶	۱۳/۶	۷۵	۲۸۹/۱
۱۷	۱۴/۵	۸۰	۳۵۵/۱
۱۸	۱۵/۵	۸۵	۴۳۳/۶
۱۹	۱۶/۵	۹۰	۵۲۵/۸
۲۰	۱۷/۵	۹۵	۹۳۳/۹
۲۱	۱۸/۷	۱۰۰	۷۹۰/۰
۲۲	۱۹/۸	۱۰۵	۹۰۹/۱

## گرمای واکنش اسید- باز

اگر محلول رقیق یک اسید قوی یک ظرفیتی را روی محلول رقیق یک هیدروکسید فلزی قلیایی اضافه کنیم واکنش شیمیایی آن عبارت است از:



واکنش اصلی بین پرتونهای اسید و یونهای هیدروکسیل باز صورت می‌گیرد و تعداد مولکولهای آبی که تفکیک شده و تولید  $H^+$  و  $OH^-$  می‌کند بسیار کم است. در حقیقت به اندازه‌ای است که می‌توان از واکنش برگشتی صرف نظر کرد. تشکیل مولکولهای آب در اثر افزودن  $H^+$  به  $OH^-$  در محیط اخیر گرما است. در این آزمایش با به کار بردن محلولهایی با غلظتهای معلوم که در گرماسنج مناسب مخلوط شده باشند گرمایی مولار واکنش یک اسید- باز محاسبه می‌شود. خاطرنشان می‌شود که گرمای مولار واکنش در این؟؟ مخصوص عبارت است از مقدار کالری (یا کیلوکالری) انرژی حاصل هنگام انجام واکنش بین یک مول  $H^+(aq)$  یک مول  $OH^-(aq)$ . گرچه فقط قسمت کوچکی از یونهای یک مول استفاده می‌شود ولی می‌توان مقدار انرژی را که در اثر مصرف یک مول از هر کدام به وجود می‌آید محاسبه کرد.

غلظت محلولهای اسیدی (محلول یک اسید قوی یک ظرفیتی در آب) بر حسب مولاریته یعنی تعداد مولهای یون  $H^+(aq)$  در هر لیتر و یا تعداد میلی مولهای  $H^+(aq)$  در هر میلی‌لیتر بیان می‌شود. مولاریته محلولهای بازی (محلول یک هیدروکسید قلیایی در آب) تعداد مولهای  $OH^-$  را در هر لیتر یا تعداد میلی مولهای  $OH^-$  را در هر میلی‌متر نشان می‌دهد.

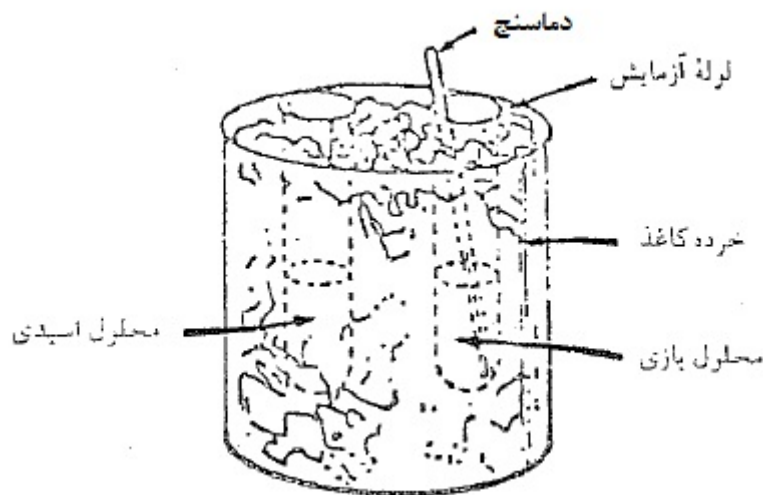
گرمای حاصل از واکنش اسید و باز نه تنها توسط محلول بلکه توسط لوله آزمایش و دماسنج و سایر محیطهای اطراف نیز جذب می‌شود. برای سادگی کار می‌توان فرض کرد که گرمای واکنش تماماً توسط محلول که اساساً آب است جذب شده باشد و نیز گرمای ویژه محصول را همان گرمای ویژه آب یعنی گرم  $1\text{Cal}^{\circ}\text{C}$  در نظر می‌گیریم.

بنابراین اگر واکنشی داشته باشیم که با ۵۰mL محصول صورت گیرد و دما  $2^{\circ}\text{C}$  افزایش یابد مقدار کالری انرژی حاصل در واکنش که توسط محصول جذب می‌شود برابر است با  $50 \times 2 = 100 \text{ Cal}$ .

## آزمایش

گرماسنجی نظیر شکل زیر درست کنید.

در داخل بشر بزرگی لایه‌ای از ابر را طوری قرار دهید که بتوان یک لوله آزمایش بزرگ را در وسط آن به طور عمودی قرار داد. در این لوله واکنش انجام می‌پذیرد، دقت کنید که لوله آزمایش واکنش اصلاً با ته بشر و یا کناره آن تماس نداشته باشد. مخلوط واکنش را می‌توان با دماسنج به طور آرام و یکنواخت بهم زد.



مقدار ۳۵mL  $\text{NaOH}$  ۲ مولار را توسط استوانه مدرج برداشته و با دقت آن را در این لوله آزمایش بریزید و آن را مجدداً به طور عمود داخل بشر بگذارید. مواظب باشید که لوله برنگردد، حال ۳۵mL محلول  $\text{HCl}$  ۲ مولار را با استوانه مدرج برداشته و آن را در لوله دیگر بریزید و این لوله را به مدت ۱۵ دقیقه و آرام در کناری بگذارید به طوری که لوله‌ها و محتوای آنها به دمای مساوی برسند (یا حداقل  $\pm 0.5$  اختلاف داشته باشند) دمای محلول اسیدی را دوباره اندازه بگیرید و اگر دمای آن با دمای محلول بازی برابر یا دارای  $0.5^{\circ}\text{C}$  اختلاف باشد می‌توان اقدام کرد، در غیر این صورت باید دمای محلولها را میزان کرد. موقعی که دمای محلولها یکسان شدند دماسنج را در محلول بازی قرار داده و با دقت دمای آن را اندازه بگیرید. در این حال به طور سریع ولی با دقت تمام محلول اسیدی را روی محلول بازی اضافه کنید. این مخلوط را با دماسنج هم زده و با دقت زمان و دما را هنگام مخلوط نمودن در محلول

بخوانید سپس اجازه دهید تا دما به بیشترین مقدار ممکن بالا رود و سپس این دما را بخوانید آنگاه لوله واکنش را از بشر خارج و اجازه دهید که سرد شود و هر یک دقیقه به یک دقیقه پایین آمدن دما را بخوانید.

### محاسبات

همان طوری که پیشتر گفته شد مقدار کالری انرژی حاصله از واکنش برابر است با مقدار کالری جذب شده توسط محلول. اگر حجم محلول را بر حسب میلی لیتر در ازدیاد دما بر حسب درجه سانتی گراد ضرب نمایید برابر با مقدار گرمای بدست آمده می شود.

گرمای به دست آمده  $= (ml) \times \Delta t$ ، تعداد میلی مولهای یون  $OH^-$  موجود در محلول واکنش برابر است با حاصل ضرب حجم محلول بازی اولیه بر حسب میلی لیتر ضرب در مولاریته محلول باز یک، تعداد میلی مولهای یون  $H^+$  موجود برابر می شود با:

مولاریته محلول اسیدی  $\times$  حجم (میلی لیتر) محلول اسید

یادآور می شویم که هنگام واکنش بین اسید و باز در این آزمایش هر میلی مول از یون  $OH^-$  درست با یک میلی مول از یون  $H^+$  وارد واکنش می شود در نتیجه اگر در محلول ابتدای  $65\text{mmol}$  یون  $OH^-$  داشته باشیم و  $60\text{mmol}$  از یون  $H^+$  را به آن اضافه کنیم فقط  $60\text{mmol}$  از  $OH^-$  وارد واکنش می شود. مقدار گرما بر میلی مول هر کدام از یونهای  $H^+(aq)$  یا  $H^-(aq)$  که به طور کامل وارد واکنش شوند برابر است با گرمای واکنش بر حسب کالری. توجه کنید که گرمای واکنش بر حسب  $\text{Kcal/mol}$  یعنی گرمای مولار واکنش از لحاظ عددی برابر است با گرمای واکنش بر حسب  $\text{Cal/mmol}$ . پس از انجام آزمایش جداول زیر را پر کرده و تحلیل سرپرست آزمایشگاه دهید. در حین واکنش عینک ایمنی همواره به چشم باشد.

## آزمایش گرمای واکنش

نام	نام خانوادگی	همکار
$t_1$		
$t_2$		
$\Delta t$		
mL (اسید)		
mL (باز)		
حجم کل محلول = mL (باز) + mL (اسید)		
$Q = mc\Delta t$		
مولاریته محلول باز		
مولاریته محلول اسید		
مولاریته $\times$ mL = تعداد میلی مول $H^+$		
مولاریته $\times$ mL = تعداد میلی مول $OH^-$		
KCal/mol = گرمای واکنش		
$K = Cal (mmolH^+ \text{ یا } mmolOH^-)$		

یک واکنش گرمای دیگر را می‌توان از حل کردن کلسیم کلرید جامد در آب مشاهده کرد.

### آزمایش ۱

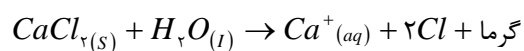
۱. در یک بشر ۱۰۰ میلی‌لیتری آب ریخته و دمای آن را اندازه بگیرید سپس ۱۰ تا ۱۵g کلسیم کلرید به آن

اضافه کنید.

۲. دما را پس از اضافه کردن کلسیم کلرید یادداشت کنید.

### واکنش

۱. گرمای ایجاد شده در اثر حل کردن کلسیم کلرید در ۱۰۰mL آب ۱۱۷ کالری است.



۲. ازدیاد دما در اثر اضافه کردن کلسیم کلرید به آب  $12^{\circ}C$  است.

۳. باریم اکسید را نیز می‌توان با همین روش آزمایش کرد.



به پرسشهای زیر پاسخ دهید

۱. فرمول واکنش انجام شده را بنویسید.
۲. چرا دما افزایش پیدا می‌کند.
۳. چرا بعضی از مواد در اثر اضافه شدن به آب گرما از دست می‌دهند و برخی دیگر گرما می‌گیرند.
۴. گرمای محلول چقدر است.

## صعود نقطه جوش

بعضی از خواص محلولها تنها به تعداد ذرات جسم حل شده بستگی داد و به ماهیت آن ارتباطی ندارد. این گونه خواص را خواص جمعیتی می‌نامند. از جمله این خواص می‌توان صعود نقطه جوش، نزول نقطه انجماد فشار اسمزی را نام برد.

از بین همه این خواص صعود نقطه جوش را انتخاب و تأثیر غلظت را بر صعود نقطه جوش بررسی خواهیم کرد. می‌توانیم این مسئله را به دو شکل در دو آزمایش مختلف و با هدفهای متفاوت انجام دهیم، به این ترتب که:

۱. فقط اثر غلظت را در تغییرات نقطه جوش بررسی کنیم و نهایتاً آزمایش را با هدف تعیین غلظت یک محلول مجهول انجام دهیم.

۲. آزمایش دیگر می‌تواند با هدف تعیین وزن فرمولی یک جسم جامد انجام شود. به این معنی که ابتدا صعود نقطه جوش یک محلول را نسبت به آب مقطر خالص اندازه می‌گیریم پس از به دست آوردن غلظت مولال محلول، جرم مولکولی جسم حل شده را تعیین می‌کنیم. در هر دو مورد از فرمول  $\Delta t = K_b \times m$  استفاده می‌کنیم که در آن  $\Delta t$ ، صعود نقطه جوش؛  $K_b$ ، ثابت صعود نقطه جوش؛ و  $m$ ، غلظت مولال محلول (مولالینه) است.

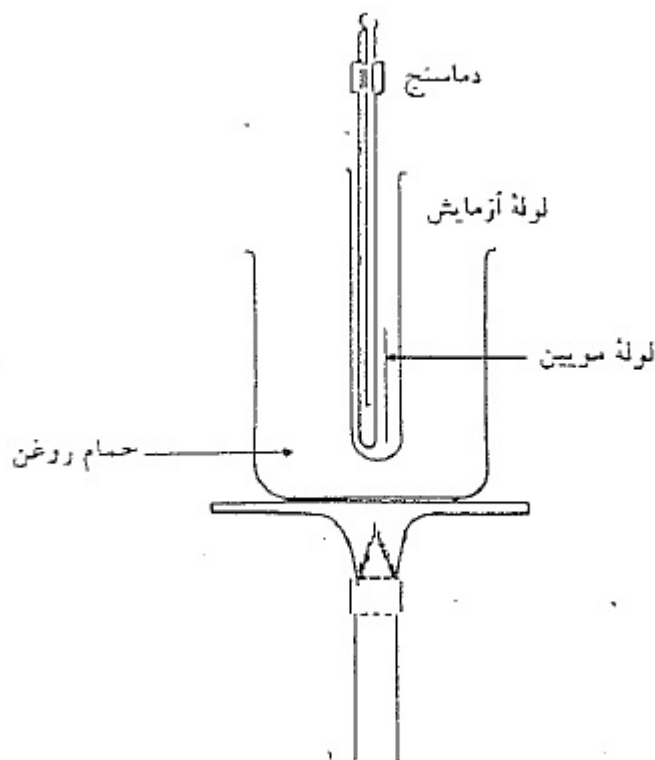
### روش کار

#### آزمایش ۱

تعیین غلظت یک نمونه با استفاده از خاصیت صعود نقطه جوش

وسایل لازم: بافن حجم سنجی ۱۰ میلی‌لیتری، لوله آزمایش، دماسنج، لته مویین، میله همزن، حمام روغ و چراغ گاز. شرح آزمایش: این آزمایش در دو مرحله انجام می‌شود: (الف) تعیین نقطه جوش آب مقطره (ب) تعیین نقطه جوش محلول مجهول.

در مرحله (الف) ابتدا حدود ۵mL آب مقطر در یک لوله آزمایش کاملاً تمیز بریزید، آن گاه یک لوله مویین را به طور وارونه به انتهای دماسنج، در مجاورت مخزن جیوه‌ای متصل کنید (شکل ۱۹).



توجه داشته باشید که:

- دهانه لوله مویین با ته لوله آزمایش تماس پیدا نکند. چرا؟
- تقریباً ۲mL از لوله مویین خارج از سطح آب درون لوله قرار داشته باشد. چرا؟

لوله آزمایش را همراه با تمام متعلقات آن در حمام روغن قرار دهید، دمای حمام را زیاد کنید و درجه دماسنج را کنترل کنید. زمانی که دمای محلول بالاتر از  $90^{\circ}\text{C}$  شد، حبابها به تدریج از لوله مویین خارج می‌شوند و با بالا رفتن دما سرعت خروج این حبابها زیاد می‌شود. دمای حمام را کم کنید. با کاهش دمای محلول از سرعت خروج حبابها کاسته می‌شود. سرانجام زمانی می‌رسد که دیگر حبابی از لوله مویین، خارج نمی‌شود. هنگام خراج آخرین حباب دما را یادداشت کنید. این دما همان دمای نقطه جوش است. پس از خروج آخرین حباب از لوله مویین، سطح آب در

لوله مویین بالا خواهد رفت و سپس سطح آب در لوله مویین و خارج از آن برابر خواهد شد. چرا؟

مرحله (ب) نیز درست نظیر مرحله (الف) است. دمای نقطه جوش را یادداشت کنید. آن‌گاه با استفاده از فرمول داده شده غلظت مولال محلول مجهول را محاسبه کنید. این مرحله نیز درست نظیر مرحله (الف) است.

## آزمایش ۲

تعیین وزن مولکولی جسم حل شده

در مرحله (الف) مانند مرحله (ب) آزمایش ۱، نقطه جش آب مقطر خالص را تعیین و دمای جوش را یادداشت کنید.  
 در مرحله (ب) جسم جامدی به عنوان مجهول به شما داده می‌شود. ۲g از آن را دقیقاً تا دقت ۰/۰۱g توزین کند.  
 آن‌گاه به آن مقدار ۱۰g (یا ۱۰mL) آب مقطر اضافه کنید و هم بزنید تا محلول یکنواخت شود. اکنون محلول مجهول آماده است. نقطه جوش آن را مانند روش پیش تعیین و یادداشت کنید.

با در دست داشتن دو دمای جوش که یکی مربوط به آب مقطر و دیگری مربوط به محلول مجهول است  $\Delta t$  را به دست آورید. با استفاده از فرمول، مولاریته محلول و آن‌گاه جرم مولکولی جسم حل شده را محاسبه کنید.

تذکر: مقدار  $K_b$  برای آب برابر  $0.512^\circ\text{C}/m$  است.

پرسش

۱. ابتدا تعریف کاملی درباره نقطه جوش ارائه دهید. آن‌گاه با توجه به تعریف مذکور، توضیح دهید چرا دمای نقطه جوش دمایی است که آخرین حباب از لوله موئین خارج می‌شود و سطح آب در لوله موئین و خارج از آن برابر می‌شود.

۲. روش دیگری برای تعیین نقطه جوش یک محلول ارائه دهید.

$$\Delta t_b = K_b \times m$$

$$m = \text{ملالیتة}$$

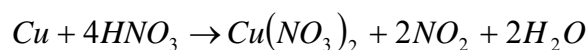
$$K_b = 0.512^\circ\text{C} / m$$

## قانون بقای جرم

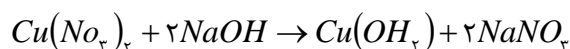
در یک واکنش ساده شیمیایی جرم همیشه ثابت بوده و تغییری در اجرام مواد صورت نخواهد گرفت. این قانون اولین بار توسط آنتوان لاوازیه<sup>۲</sup> در سال ۱۷۸۹ بیان شد. از این قانون در موازنه واکنشهای شیمیایی استفاده می‌شود.

### آزمایش

به براده‌های مس داده شده ۷ mL نیتریک اسید غلیظ به وسیله استوانه مدرج بیفزایید (حتماً این کار در زیر هود انجام گیرد)

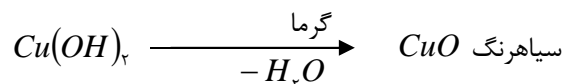


در پایان واکنش مشاهده می‌شود که تمام براده‌های مس در نیتریک اسید حل شده در این موقع ظرف محتوی مس نیترات را تا نیمه از آب مقطر پر کنید و به محلول یاد شده حدود ۲۰ mL سود ۶N بیفزایید.



رسوب به دست آمده مس هیدروکسید است. پس از ته‌نشین شدن رسوب به رنگ محلول توجه کنید.

رسوب به دست آمده را تا نقطه جوش با احتیاط همراه با هم‌زدن مداوم گرما دهید. در این عمل  $Cu(OH)_2$  به  $CuO$  سیاه‌رنگ تبدیل می‌شود.



محلول روی رسوب  $CuO$  حاصل را پس از ته‌نشین شدن سرریز کنید. رسوب را با ۲۰۰ mL آب جوش دوباره برای بالا بردن خلوص رسوب شستشو داده و هر بار محلول روی رسوب را پس از ته‌نشین شدن رسوب سرریز کنید. به رسوب حاصل ۲۰ mL سولفوریک اسید ۶N بیفزایید تا تمام رسوب سیاه  $CuO$  به محلول آبی‌رنگ  $CuSO_4$  تبدیل شود:



<sup>۲</sup> - Antoine Lavoisier

در زیر هود یک تا دو تکه فلز روی که دارای سطحی پهن باشد به محلول مس سولفات اضافه کنید تا روی، جانشین مس شود و مس فلزی رسوب کند. یادآور می‌شود پایان کار موقعی است که محلول کاملاً بیرنگ باشد سپس محلول را سرریز کرده و دور بریزید. احتمالاً مقداری فلز روی در ظرف واکنش باقی می‌ماند در این صورت زیادی روی را با اضافه کردن ۱۵mL آب مقطر و ۱۰mL هیدروکلریک اسید غلیظ حل کنید و سپس محلول را پس از گرم کردن سرریز کنید. محصول (Cu) را به یک بوته تبخیر که پیشتر با ترازو دقیقاً وزن شده انتقال دهید. محصول را با حدود ۱۰mL آب مقطر شستشو داده و سپس سرریز کنید. مس حاصل را دوباره هر بار با حدود ۱۵mL استون شسته و سرریز کنید. ظرف را روی حمام بخار قرار داده حدود ۱۵ دقیقه حرارت دهید تا محصول خشک شود، سپس آن را وزن کنید. عمل خشک کردن و توزین را دوباره انجام داده تا دو وزن متوالی یکی شود حالا وزن مس را به دست آورده و همراه با شماره ظرف نام خود به مسئول آزمایشگاه تحویل دهید.

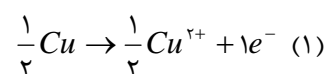
به پرسشهای زیر پاسخ دهید

۱. چگونه می‌توان تعیین کرد که چه مقدار فلز روی را برای آزادسازی کلیه مس داده شده باید به محلول مس سولفات اضافه کرد؟

۲. آیا به غیر از فلز روی می‌توان از فلزات دیگری نیز استفاده کرد؟ این فلزات را نام ببرید.

## تعیین عدد آوگادرو

عدد آوگادرو تعداد اتمهای موجود در یک اتم گرم یا تعداد مولکولهای موجود در یک مولکول گرم و یا تعداد الکترونهاي موجود در یک مل الکترون است. این ثابت مهم را می‌توان با یک آزمایش الکتروشیمی به طور ساده تعیین کرد. برای این منظور می‌توان جریان مستقیمی را از یک محلول اسیدی مس سولفات که محتوی در الکتروود مس باشد عبور داد. اکسایش که در آند انجام می‌شود به صورت زیر است.



با دانستن کاهش وزن برای الکتروود آند در مدت زمان معین و شدت جریان ثابت می‌توان مقدار کولن الکتریسیته لازم برای ایجاد یک مول الکترون را محاسبه کرد. از تقسیم این مقدار بر بار الکتریکی یک الکترون (کولن)<sup>-۱۹</sup>  $(1/6 \times 10^{19})$  عدد آوگادرو به دست می‌آید.

رابطه (۱) به ما نشان می‌دهد که برای ایجاد  $\frac{1}{2}$  یون  $Cu^{2+}$  در محلول  $\frac{1}{2}$  اتم گرم مس (۳۱/۸g) لازم است و یا هر  $\frac{1}{2}$  گرم اتم  $Cu$  یک مول الکترون ایجاد می‌کند.

مقدار کولن الکتریسیته‌ای که از محلول عبور می‌کند برابر است با حاصل ضرب شدن جریان (بر حسب آمپر) در مدت زمانی (بر حسب ثانیه) که برقکافت انجام شده است.

این مقدار کولن الکتریسیته در ازای کاهش وزن الکتروود آند ایجاد شده است بنابراین می‌توان مقدار کولن لازم را برای آزادی یک مول الکترون از رابطه (۲) به دست آورد.

$$\frac{\text{مقدار کولن لازم برای آزادی یک مول الکترون}}{31/8} = \frac{\text{شدت جریان (آمپر)} \times \text{مدت زمان (ثانیه)}}{\text{کاهش وزن آند (گرم)}} \quad (2)$$

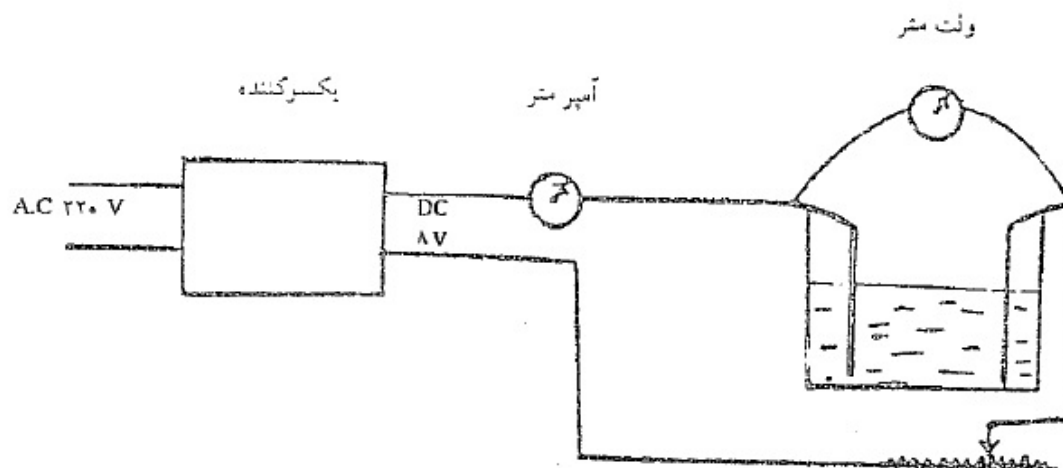
و عدد آوگادرو از رابطه (۳) به دست می‌آید.

$$\text{عدد آوگادرو} = \frac{\text{مقدار کولن لازم برای آزادی یک مول الکترون}}{1/6 \times 10^{-19} \text{ کولن}} \quad (3)$$

## آزمایش

وزن دو تیغه مسی را یادداشت کرده آنها را در یک بشر ۲۵۰ میلی‌لیتری در مقابل یکدیگر قرار دهید و آنها را طوری خم کنید که سر میله‌ها روی لبه بشر قرار گیرد به طوری که انتهای دیگر آنها به ته بشر برخورد نکنند. در این بشر ۲۰۰ mL محلول اسیدی مس سولفات بریزید. از روی شکل مداری که به شما داده شده است ظرف الکترولیت و آمپرتر را به طور سری در مدار قرار دهید برای متصل کردن میله‌های مس به لبه بشر از گیره استفاده کنید. پس از بستن مدار آن را به کمک مسئول آزمایشگاه امتحان کنید.

مدار را بسته و زمان را یادداشت کنید. به سرعت شدت جریان را بین ۰/۳ تا ۰/۵ آمپر به وسله یک رنستا ثابت نگاه دارید. (چون در مدت انجام آزمایش شدت جریان تغییر می‌کند لذا باید در تمام مدت آزمایش توسط رنستا شدت جریان را ثابت نگاه دارید). عمل برقکافت را به مدت



۳۰ دقیقه انجام دهید. در هنگام برقکافت به هیچ یک از اجزاء مدار دست نزنید پس از اتمام برقکافت جریان برق (ولت ۲۲۰) مستقیم را قطع نموده الکترودها را از بشر بیرون آورید. الکترودها را ابتدا با آب شسته و سپس در داخل بشری که حاوی استون است داخل کنید، آنگاه آن را روی یک صفحه کاغذ به مدت ۳۰ ثانیه قرار دهید تا خشک شود و سپس آنها را دوباره وزن کنید.



وزن آند پیش از برقکافت

وزن آند پس از برقکافت

کاهش وزن آند

وزن کاتد پیش از برقکافت

وزن کاتد پس از برقکافت

افزایش وزن کاتد

مدت زمان برقکافت (بر حسب ثانیه)

شدت جریان عبور نموده از محلول (بر حسب آمپر)

مقدار کولن الکتریسته عبور نموده از محلول

عدد آوگادرو

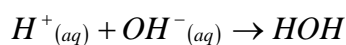
به پرسشهای زیر همراه با گزارش پاسخ دهید

۱. جدول مفروضات
۲. محاسبات لازم برای به دست آوردن مقدار کولن لازم برای آزادی یک مول الکترون و عدد آوگادرو
۳. درصد خطای عدد آوگادرو را نسبت به مقدار حقیقی آن تعیین کنید.
۴. واکنشهایی را که در کاتد انجام می شود بنویسید.
۵. بررسی مبانی نظری کاهش وزن آند باید برابر با افزایش وزن کاتد باشد ولی عملاً این طور نیست چرا؟  
اختلاف آنها را به دست آورید.

## تیتراسیون اسید و باز

### بحث کلی

تیتراسیون یعنی سنجیدن. در کلیه مواردی که اسیدیته کلی محلولی از یک اسید به وسیله محلولی از یک هیدروکسید یونی تیتراسیون می‌شود واکنش اصلی عبارت از ترکیب یون  $OH^-$  حاصل از هیدروکسید با پروتونی که به طور مستقیم یا غیرمستقیم از اسید به دست آمده است.



همین فرمول در مورد تیتراسیون بازپسیده کلی یک هیدروکسید با یک اسید نیز واکنش اصلی است. رابطه فوق نشان می‌دهد که در تیتراسیون اسید-باز تعداد مساوی پروتون با یون هیدروکسید ترکیب می‌شود. به عبارت دیگر پروتون  $H^+$  با یک مول  $OH^-$  ترکیب می‌شود.

موضوع فوق را به صورت زیر بیان می‌کنند: یک گرم هم ارز از هر اسید برای ترکیب کامل به یک هم ارز گرم باز نیازمند است. بنابراین یک هم ارز گرم از اسید در محلول آبی تولید یک مول پروتون  $H^+$  می‌کند. یا یک میلی هم ارز meq از یک اسید یک میلی مول پروتون تولید می‌کند. به همین ترتیب در مورد یک هیدروکسید یونی، یک هم ارز گرم عبارت از مقداری از جسم است که یک مول یون  $OH^-$  تولید کند یا یک میلی هم ارز از یک باز هیدروکسید یونی مقداری است که یک میلی مول یون  $OH^-$  می‌دهد.

نرمالیه N یک محلول اسیدی عبارت از تعداد میلی هم ارز اسید موجود در یک میلی لیتر. به همین ترتیب نرمالیه یک محلول بازی برابر تعداد میلی هم ارز هیدروکسید در یک میلی لیتر محلول یا تعداد میلی مول  $OH^-$  در یک میلی لیتر محلول است.

در تیتراسیون اسید-باز داریم:

$$\text{تعداد میلی هم ارز باز} = \text{تعداد میلی هم ارز اسید}$$

رابطه فوق را می‌توان به صورت زیر نیز نوشت:

$$V \times N = V \times N$$

باز باز اسید اسید

$$mL \times N = mL \times N$$

باز باز اسید اسید

در این آزمایش یک محلول بازی توسط یک اسید یا نرمالیتة معلوم تیتراسیون می‌شود. لذا این محلول اسیدی را محلول استاندارد می‌نامند. نرمالیتة محلول بازی را با این تیتراسیون می‌توان محاسبه کرد و سپس از این محلول بازی در تیتراسیون محلولهای اسیدی با نرمالیتة نامعلوم استفاده کرد.

وسایل مورد استفاده در این گونه آزمایشهای حجمی با وسایل آزمایشهای دیگر قدرت متفاوت است. در این حالت از وسایلی نظیر بورت و پی‌پت و بالن سیمی استفاده می‌شود. بورتها با دقت  $0.1 \text{ mL}$  مدرج شده‌اند و  $0.05 \text{ mL}$  یا یک قطره را می‌توان در آنها خواند. یک عدد بورت اختیار کرده و در آن آب ریخته و چند بار نحوه استفاده از بورت را با آب تمرین کنید. توجه کنید که پیش از خواندن و یادداشت کردن شیر بورت را کج کرده تا حباب هوا از سوراخ بورت خارج شود. در موقع خواندن بورت چشم باید در امتداد سطح مایع باشد. در مورد مایعات شفاف و بیرنگ یا کمرنگ خط زیرین سطح مقعر مایع را می‌خوانند برای آنکه عدد خوانده شده دقیقتر باشد روی یک صفحه کاغذ یک دایره کوچک سیاه بکشید و در دو امتداد افقی کاغذ را سوراخ کنید. به وسیله این سوراخها کاغذ را در پشت بورت قرار دهید به طوری که لکه سیاه درست در زیر سطح مقعر محلول قرار گیرد.

بورت را با چند میلی‌لیتر محلول سدیم هیدروکسید  $\frac{1}{50}$  نرمال بشویید. سپس محلول را تا ارتفاع معین به داخل بورت ریخته و هوای نوک بورت را خارج کنید. حال حجم محلول بورت را با دقت  $0.05 \text{ mL}$  می‌توانید بخوانید.

## آزمایش

۱. در یک ارلن مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری با استفاده از پی‌پت حجم معینی از محلول استاندارد اسید ریخته، نرمالیتة آن را یادداشت کنید. دو قطره فول فتالئین به محلول افزوده و به آرامی توسط محلول بازی درون بورت آن را تیتراسیون کنید. دائماً و به آرامی ارلن مایر را بهم زده و محلول بازی را آن قدر بیفزایید تا رنگ صورتی کمرنگی ایجاد شود. حجم محلول بورت را خوانده و یادداشت کرده و آزمایش را چند بار تکرار کنید. باید در هر بار یک پاسخ به دست آید. حال نرمالیتة محلول بازی را محاسبه کنید.

۲. یک محلول اسیدی با نرمالیت نامعلوم را گرفته حجم محلول را با آب مقطر ۱۰۰mL برسانید، (درون بالن حجم سنجی) خوب بهم بزنید و آنگاه ۲۵mL از این محلول را در یک ارلن بریزید و دو قطره فول فتالین به آن بیفزایید و مشابه آزمایش قبل عمل کنید. نرمالیت محلول اسیدی نامعلوم را با استفاده از نرمالیت محلول بازی که نرمالیت آن را پیشتر تعیین کرده محاسبه کنید.

$$N_1V_1 = N_2V_2 \quad (1)$$

حجم اسید استاندارد مصرفی × نرمالیت محلول استاندارد اسید = حجم باز مصرفی ×  $N_1$

نرمالیت محلول باز  $N_1 = A$

$$N_1V_1 = N_2V_2 \quad (2)$$

$A \times 25 = N_2 \times 100$  = حجم مصرفی باز برای اسید مجهول ×  $A$

حجم	گرم اسید
۱۰۰۰	$N_2 \times 36/5$
۱۰۰	$x$

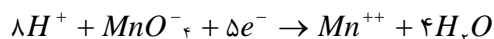
$$\frac{N_2 \times 36/5 \times 100}{1000} \times 1000 \text{ (میلی رم اسید در ۱۰۰ میلی لیتر محلول)}$$

## تیتراسیون اکسایش و کاهش

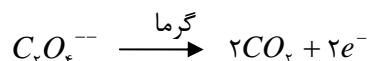
شرح. واکنشهای اکسایش و کاهش نوعی از واکنشهای شیمیایی هستند که در طی آن یک ترکیب و یا یک رادیکال الکترون می‌گیرد و یا از دست می‌دهد.

بنا به تعریف یک هم ارز از یک ماده اکسنده یا کاهنده در واکنش به ترتیب عبارت است از مقدار (بر حسب گرم) ماده‌ای که یک مول الکترون می‌گیرد یا می‌دهد. بنابراین یک جسم اکسنده یا کاهنده ممکن است مقادیر جرمی مختلفی برای یک هم ارز داشته باشد که به نوع واکنش بستگی دارد. یک محلول ۱ نرمال از جسم اکسنده یا کاهنده شامل یک هم ارز از آن جسم در یک لیتر یا یک میلی هم ارز در هر میلی‌لیتر محلول است. البته یک میلی هم ارز از جسم مقداری است (بر حسب میلی‌گرم) که بتواند یک میلی مول الکترون بگیرد یا بدهد. در این آزمایش نرمالیت‌ها محلول پتاسیم پرمنگنات را از طریق تیتراسیون یک محلول اسیدی آن به وسیله مقدار معینی از یون اگزالات تعیین می‌کنیم. رابطه‌های یونی برای این اکسایش - کاهش عبارت‌اند از:

۱. یون جسم اکسنده که خود کاهنده می‌شود.



۲. یون جسم کاهنده که خود اکسید می‌شود.



یادآوری می‌شویم که اگر خواسته باشید واکنش واحدی را یک جا بنویسید باید مطمئن باشید که تعداد الکترونهای داده شده در عمل کاهش با تعداد آن هنگام عمل اکسایش برابر است.

جرم یک میلی هم ارز از  $KMnO_4$  موقعی که یونهای  $MnO_4^-$  در محلول اسیدی کاهش می‌یابد برابر است با  $\frac{1}{5}$

جرم میلی مولار  $KMnO_4$  و جرم یک میلی هم ارز از یون اگزالات  $C_2O_4^{--}$  برابر  $\frac{1}{4}$  جرم میلی مولار آن است.

جرم میلی مولار عبارت است از جرم یک میلی مول (m mole)

## آزمایش

ابتدا بورت را با آب و سپس با چند میلی‌لیتر محلول پرمنگنات تقریباً  $\frac{1}{5}$  نرمال شستشو داده و سپس آن را تا

حدود مناسبی از محلول پر کنید و اندازه حجم آن را تا تقریب ۰/۰۵ یادداشت کنید.

در یک ارلن ۲۵۰ میلی لیتری، ۱۰ mL اگزالات  $N = \frac{1}{5}$  و ۳ mL سولفوریک اسید ریخته و محلول را تا نقطه

جوش گرم کنید و هنگامی که محلول داغ را دائماً به می‌زنید با محلول پرمنگنات تیترا کنید و عمل تیتراسیون را

موقعی که رنگ ضعیفی در محلول به وجود آمد که نشان دهنده جزئی اضافی  $MnO_4^-$  است قطع کنید در این

حال درجه بورت را یادداشت کنید.

آزمایش را با استفاده از حجمهای دیگر اگزالات تکرار کنید. در صورت پاسخهای گوناگون برای تعیین دقیق نرمالیت

محلول  $MnO_4^-$  آزمایش را یکبار دیگر تکرار کنید و بدین ترتیب نرمالیت  $MnO_4^-$  را با دقت به دست آورید.

سپس با استفاده از یک جسم کاهنده با نرمالیت مجهول آزمایش را تکرار نمایید. یون کاهنده در مقابل پرمنگنات

عمل کاهندگی را انجام داده و با داشتن نرمالیت پرمنگنات می‌توان نرمالیت جسم کاهنده را تعیین نمود.

$$1 \text{ eqval } Na_2C_2O_4 = \frac{1}{2} M(Na_2C_2O_4)$$

$$1 \text{ eqval } KMnO_4 = \frac{1}{5} M(KMnO_4)$$

$$ml \times N = ml \times N$$

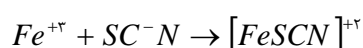
مقدار کمیت اگزالات مجهول =  $N \times 25$  = نرمالیت پرمنگنات  $\times$  حجم مصرفی پرمنگنات

$$44 \times \text{نرمالیت اگزالات مجهول در } 100 \text{ میلی لیتر} = \frac{100}{25} \times N \times \text{پرمنگنات mL} \times \text{پرمنگنات}$$

(۱ میلی‌گرم اگزالات در ۱۰۰ میلی لیتر)

## تبادل شیمیایی

معمولاً برخی واکنشهای شیمیایی پس از مدتی به یک حالت تعادل بین مواد اولیه و محصولات می‌رسند که آن را تعادل شیمیایی نامند و آن را توسط ضریب تعادل مشخص می‌کنند. در این آزمایش مقدار ثابت تعادل را برای واکنش:



$$R_1 = K_1 [Fe^{+2}] [SCN^{-}] \quad R_1 = R_2 = \text{تعادل}$$

$$R_2 = K_2 [FeSCN]^{+2}$$

تعیین می‌شود. برای واکنش بالا شرط تعادل به صورت زیر است.

$$\frac{[FeSCN]^{+2}}{[Fe^{+2}] [SCN^{-}]} = K$$

برای تعیین مقدار  $K$  لازم است که غلظت هر یک از یونهای  $Fe^{+2}$ ،  $SCN^{-}$ ،  $FeSCN^{+2}$  را پیدا کنیم. روش رنگ سنجی (کالریمتری) در این مورد روش بهتری است زیرا در اینجا  $FeSCN^{+2}$  رنگ محلول را بیشتر تعیین می‌کند تا  $SCN^{-}$  (بیرنگ) یا  $Fe^{+2}$  (زرد رنگ).

شدت رنگ یک محلول به غلظت یونهای شرکت کننده در محلول و به ارتفاع (عمق) محلول بستگی دارد. برای مثال ۲mL از یک محلول ۰/۱M (۰/۱ مول در لیتر) با ۱mL از همان نوع محلول ولی با غلظت ۰/۲M شدت رنگ یکسانی دارد. باید متذکر شد که در این حالت فقط غلظتها را با یکدیگر مقایسه می‌کنیم و برای تعیین مقدار آن باید آن را با غلظت محلول استاندارد دیگری که مقدار آن در دست است مقایسه کنیم. برای تعیین رنگ  $FeSCN^{+2}$  باید یک محلول استاندارد معلوم از  $FeSCN^{+2}$  داشته باشیم. برای تهیه چنین محلولی باید به مقدار کم و معین از  $SCN^{-}$  را به مقدار اضافی  $Fe^{+2}$  اضافه نماییم. واضح است که در این صورت تمام  $SCN^{-}$  به  $FeSCN^{+2}$  تبدیل می‌شود. در این شرایط ما می‌توانیم غلظت  $FeSCN^{+2}$  را همان غلظت اولیه  $SCN^{-}$  فرض کنیم.

## آزمایش

وسایل لازم برای آزمایش. ۶ لوله آزمایش یکسان - یک عدد بشر ۵۰ میلی لیتری، یک عدد بشر ۱۰۰ میلی لیتری، در یک بشر ۵۰ میلی لیتری، ۲۵mL محلول آهن ۰/۲ مولار بریزید. (این مقدار برای تهیه محلولهای شما کافی خواهد بود).

حال به وسیله یک بورت به هر یک از لوله‌های آزمایش به طور دقیق ۵mL محلول  $KSCN$  ۰/۰۰۲M اضافه کنید. به لوله آزمایش اول به وسیله پی‌پت ۵mL از محلول ۰/۲M  $Fe(NO_3)_3$  اضافه کرده و آن را به عنوان محلول استاندارد جهت تعیین غلظت  $Fe(NO_3)_3$  موجود در سایر لوله‌های آزمایش نگاه دارید.

۱۰mL از محلول ۰/۲M  $Fe(NO_3)_3$  را در یک بشر ۱۰۰ میلی لیتری ریخته و بدان ۱۵mL آب مقطر اضافه کنید. سپس ۵mL از این محلول را که شامل ۰/۰۸M یون  $Fe^{+3}$  است در لوله آزمایش دوم بریزید. مجدداً ۱۰mL دیگر از این محلول را در بشر دیگر ریخته و آن را با ۱۵mL آب رقیق کنید. حال ۵mL از محلول این بشر را که شامل ۰/۰۳۲M  $Fe^{+3}$  است در لوله آزمایش سوم بریزید.

این عمل را ادامه داده و هر بار ۵mL از محلول  $Fe^{+3}$  رقیق شده به دست آورید. حال باید غلظت  $FeSCN^{+2}$  را در هر یک از لوله‌های آزمایش نسبت به لوله آزمایش استاندارد (اولی) تعیین نکنید. برای این کار یک لوله آزمایش را در کنار لوله آزمایش استاندارد (۱) قرار داده و اطراف دو لوله را با نوار باریکی از کاغذ بیوشانید سپس از بالای لوله‌های آزمایش به پایین و به طرف کاغذ سفیدی که روی میزتان قرار می‌دهید نگاه کنید. شدت رنگ دو لوله یکسان نبوده لذا مقداری از محلول لوله آزمایش استاندارد (۱) را در داخل یک بشر تمیز و خشک (چون ممکن است بدان احتیاج پیدا کنید) ریخته تا موقعی که شدت رنگ هر دو لوله یکسان شود.

ارتفاع محلول در دو لوله را مقایسه کرده در جدول زیر یادداشت کند و این عمل را برای هر پنج لوله آزمایش انجام دهید. در اینجا می‌توانید از حجم محلولها به جای ارتفاع محلولها استفاده کنید، زیرا سطح مقطع لوله‌ها یکسان بوده و لذا حجم محلولها می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.



طبق قانون بیرلامبرت

$$\log \frac{I_0}{I} = abc \quad (۱)$$

$I_0$  = شدت نور تابیده شده به محلول

$I$  = شدت نور خارج شده از محلول

$a$  = ضریب ثابتی است که به ماهیت محلول بستگی دارد

$b$  = ارتفاع محلول

$c$  = غلظت محلول

پس از مقایسه هر لوله با لوله استاندارد (۱) و مساوی کردن شدت نور عبور کرده از محلول لوله‌ها و لوله استاندارد

(۱) خواهیم داشت

$$a_1 b_1 c_1 = a_2 b_2 c_2 \quad (۲)$$

چون ماهیت هر دو محلول در لوله استاندارد (۱) و لوله ۲ یکی است

$$a_1 = a_2$$

پس خواهی داشت

$$b_1 c_1 = b_2 c_2 \quad (۳)$$

طرفین معادله را در یک ثابت (S) یا سطح مقطع لوله‌ها که با هم یکسان نیز هستند ضرب کرده و خواهیم داشت

$$\underbrace{b_1}_{V_1} S_1 C_1 = \underbrace{b_2}_{V_2} S_2 C_2 \quad (۲)$$

رابطه

$$V_1 C_1 = V_2 C_2 \quad (۴)$$

در هنگام مقایسه شده نور لوله استاندارد (۱) با لوله ۲ آنقدر از لوله استاندارد (۱) محلول با قطره چکان برمی‌داریم

که شدت‌ها یکسان شود و لذا با استفاده از رابطه ۴ غلظت را در لوله ۲ محاسبه و به همین ترتیب در تمام لوله‌ها

غلظت  $FeSCN^{+2}$  را با مقایسه با لوله استاندارد (۱) محاسبه و در جدول وارد کنید و آنگاه برای محاسبه غلظت‌های

اولیه فرض کنید که  $Fe(NO_3)_3$  و  $KCSN$  کامل یونیده می‌شود. به خاطر داشته باشید در صورت مخلوط کردن دو محلول هر دو تای آنها رقیق می‌شوند.

برای محاسبه غلظتها در حالت تعادل فرض کنید که در لوله آزمایش (۱) تمام  $SCN^-$  اولیه به  $FeSCN^{+2}$  تبدیل شده است برای سایر لوله‌های آزمایش غلظت  $FeSCN^{+2}$  را وقتی که شدت رنگ دو محلول یکسان شد از روی نسبت حجم محلول به محلول استاندارد (۱) حساب کنید.

غلظتها در حالت تعادل شیمیایی				غلظتهای اولیه		نتایج
$K$	$[SCN^-]$	$[Fe^{+3}]$	$[FeSCN^{+2}]$	$[SCN^-]$	$[Fe^{+3}]$	
-	-	-	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۱	لوله آزمایش ۱
						لوله آزمایش ۲
						لوله آزمایش ۳
						لوله آزمایش ۴
						لوله آزمایش ۵
						لوله آزمایش ۶

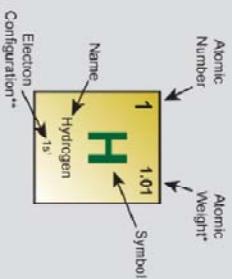
غلظتهای  $Fe^{3+}$  و  $SCN^-$  در حالت تعادل را از کم کردن غلظت  $FeSCN^{+2}$  تشکیل شده و غلظتهای اولیه  $Fe^{3+}$  و  $SCN^-$  به دست می‌آیند.

برای هر یک از آزمایشهای (۲ تا ۶) مقدار  $K$  را محاسبه کرده و بگویید کدام یک از این مقادیر صحیح‌تر است.

جدول تهیه محلولهای آزمایشگاهی

$\text{NH}_4\text{OH}$	$\text{CH}_3\text{COOH}$	$\text{HCl}$	$\text{HNO}_3$	$\text{H}_2\text{SO}_4$	
۵۷/۶	۹۹/۵	۳۷/۰	۶۹/۵	۹۶/۰	درصد تقریبی محلول غلیظ
۰/۹۰	۱/۰۵	۱/۱۹	۱/۴۲	۱/۸۴	چگالی
۳۵/۰۵	۶۰/۰۵	۳۶/۴۶	۶۳/۰۲	۹۸/۰۸	جرم مولکولی
۱۴/۸	۱۷/۴	۱۲/۱	۱۵/۷	۳۶/۰	نرمالیتته محلول غلیظ
۶۷/۵	۵۷/۵	۸۳/۰	۶۴/۰	۵۶/۰	حجم مورد نیاز برای محلول ۱ مولار (ml)
۲۰۰	۱۷۲	۲۴۹	۱۸۳	۱۶۸	حجم مورد نیاز برای محلول ۳ مولار (ml)
۴۰۵	۳۴۵	۴۹۶	۳۸۲	۳۳۶	حجم مورد نیاز برای محلول ۶ مولار (ml)

# Periodic Table of the Elements



Group	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Period	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	<b>H</b> Hydrogen 1.01																		
2	<b>Li</b> Lithium 6.94	<b>Be</b> Beryllium 9.01																	
3	<b>Na</b> Sodium 22.99	<b>Mg</b> Magnesium 24.31																	
4	<b>K</b> Potassium 39.10	<b>Ca</b> Calcium 40.08	<b>Sc</b> Scandium 44.96	<b>Ti</b> Titanium 47.88	<b>V</b> Vanadium 50.94	<b>Cr</b> Chromium 52.00	<b>Mn</b> Manganese 54.94	<b>Fe</b> Iron 55.85	<b>Co</b> Cobalt 58.93	<b>Ni</b> Nickel 58.69	<b>Cu</b> Copper 63.55	<b>Zn</b> Zinc 65.39	<b>Ga</b> Gallium 69.72	<b>Ge</b> Germanium 72.61	<b>As</b> Arsenic 74.92	<b>Se</b> Selenium 78.96	<b>Br</b> Bromine 79.90	<b>Kr</b> Krypton 83.80	
5	<b>Rb</b> Rubidium 85.47	<b>Sr</b> Strontium 87.62	<b>Y</b> Yttrium 88.91	<b>Zr</b> Zirconium 91.22	<b>Nb</b> Niobium 92.91	<b>Mo</b> Molybdenum 95.94	<b>Tc</b> Technetium 98.91	<b>Ru</b> Ruthenium 101.07	<b>Rh</b> Rhodium 102.91	<b>Pd</b> Palladium 106.42	<b>Ag</b> Silver 107.87	<b>Cd</b> Cadmium 112.41	<b>In</b> Indium 114.82	<b>Sn</b> Tin 118.71	<b>Sb</b> Antimony 121.76	<b>Te</b> Tellurium 127.60	<b>I</b> Iodine 126.90	<b>Xe</b> Xenon 131.29	
6	<b>Cs</b> Cesium 132.91	<b>Ba</b> Barium 137.33																	
7	<b>Fr</b> Francium [223]	<b>Ra</b> Radium [226]																	

**Aa - Solid**  
**Aa - Gas**  
**Aa - Liquid**  
**Aa - Synthetically Prepared**

57	<b>La</b> Lanthanum 138.91	58	<b>Ce</b> Cerium 140.12	59	<b>Pr</b> Praseodymium 140.91	60	<b>Nd</b> Neodymium 144.24	61	<b>Pm</b> Promethium [145]	62	<b>Sm</b> Samarium 150.36	63	<b>Eu</b> Europium 151.96	64	<b>Gd</b> Gadolinium 157.25	65	<b>Tb</b> Terbium 158.93	66	<b>Dy</b> Dysprosium 162.50	67	<b>Ho</b> Holmium 164.93	68	<b>Er</b> Erbium 167.26	69	<b>Tm</b> Thulium 168.93	70	<b>Yb</b> Ytterbium 173.04	71	<b>Lu</b> Lutetium 174.97
89	<b>Ac</b> Actinium [227]	90	<b>Th</b> Thorium 232.04	91	<b>Pa</b> Protactinium 231.04	92	<b>U</b> Uranium 238.03	93	<b>Np</b> Neptunium [237]	94	<b>Pu</b> Plutonium [244]	95	<b>Am</b> Americium [243]	96	<b>Cm</b> Curium [247]	97	<b>Bk</b> Berkelium [247]	98	<b>Cf</b> Californium [251]	99	<b>Es</b> Einsteinium [252]	100	<b>Fm</b> Fermium [257]	101	<b>Md</b> Mendelevium [288]	102	<b>No</b> Nobelium [289]	103	<b>Lr</b> Lawrencium [262]

