مقدمه

این کتاب آزمایشگاهی برای همراهی با آموزش کتاب «شیمی عمومی» فراهم آمده است. مطالب کتاب یک دوره‌ی آموزش شیمی عملی است که برای کسب فنون و مهارت‌های اولیه و ضروری، نیز برای کار در اغلب آزمایشگاه‌های شیمی ــ وابسته به صنعت و تکنولوژی ــ تدوین شده است.

گذراندن این دوره‌ی آموزش عملی، مستلزم انجام آگاهانه‌ی فعالیت‌ها برحسب دستورالعمل‌ها بوده و از این طریق باید سعی شود ارتباط میان مفاهیم شیمی نظری با فنون شیمی عملی برقرار گردد. گاه مشاهده می‌شود که عده‌ای از هنرجویان فقط دستور کارها را می‌خوانند و آن‌ها را بدون تأمل اجرا می‌کنند و هنگام کار، سؤالاتی را مطرح نمی‌سازند یا به مشاهده‌ی علمی ارزنده‌ای اهتمام نمی‌ورزند که البته بهره‌ی چندانی از علم شیمی و مبانی تجربی آن نمی‌برند. اما برای هنرجویان کوشا، برقراری تناسب میان شیمی نظری و شیمی عملی تلاش برانگیزاننده و هیجان‌آوری به‌شمار می‌رود. این تلاش عملاً راهی است **برای تفکر منطقی، در انجام اعمال مسئولانه، در کسب مهارت‌های عملی، در گردآوری مشاهده‌های علمی و ثبت داده‌های به‌دست آمده، و سرانجام، در فعالیت‌های گروهی و عادت به همکاری برای رسیدن به نتیجه‌گیری‌های مشترک**؛ هم‌چنین امتیاز دیگر برای این‌گونه آموزش مطلوب، آن است که کاردان و مسئول فنی فردا، توانایی تحلیل موقعیت‌ها و انطباق یافتن با تحولات سریع روش‌ها، ابزار و دستگاه‌ها را کسب می‌کند.

هنرجویان باید متوجه این نکته باشند که مربیان براساس چارچوب خاص آموخته‌های عملی آنان را ارزیابی خواهند کرد که از آن جمله است :

۱. داشتن آمادگی قبلی و رعایت دقیق دستورالعمل‌ها که به عملکردهای بهتر در محیط سالم منجر می‌شود.

۲. مهارت در کار با مواد، ابزار و نصب صحیح دستگاه‌ها همراه با دقت، سرعت و ظرافت.

۳. انجام مشاهده‌های دقیق علمی و ثبت صحیح یافته‌ها.

۴. تحلیل یافته‌ها، جست‌وجوی روابط علت و معلولی، پاسخ به پرسش‌ها و دست‌یابی به نتیجه‌گیری‌های منطقی.

۵. به‌دست دادن نتایج و گزارش کار.

۶. داشتن ابتکار عمل و توانایی در انجام اقدامات و طراحی‌های هوشمندانه و محتاطانه.

۷. رعایت نکات ایمنی.

۸. رعایت نظم و مقررات آزمایشگاه.

۹. تمیز نمودن میز و وسایل کار، گذاردن وسایل و مواد در جای مناسب، قبل از ترک آزمایشگاه.

۱۰. احساس مسئولیت در گروه و حسن همکاری.

هدف کلی

درک صحیح مفاهیم شیمی و مبانی تجربی آن در قلمرو صنایع شیمیایی و برخی تکنولوژی‌های وابسته و کسب مهارت اولیه‌ی لازم برای کار در آزمایشگاه‌های صنایع شیمیایی.

فصل اول

آشنایی با کار در آزمایشگاه

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این قسمت از فراگیر انتظار می‌رود :

۱. با نوشتن گزارش آزمایشگاهی آشنا شود.
۲. لوله‌ی آزمایش را به روش صحیح گرفته آن را حرارت دهد.
۳. نحوه‌ی جلوگیری از استشمام مایع، بخار و... را بیان کند.
۴. نوع سوختگی ناشی از اسید، قلیا، برم، فسفر و... را تشخیص دهد.
۵. موارد ایمنی در آتش‌سوزی و برق‌گرفتگی را رعایت کند.
۶. علایم و برچسب‌های روی مواد شیمیایی را تشخیص دهد.
۷. محاسبه‌ی خطا را انجام دهد.

۱ــ۱ــ آمادگی‌های قبلی

نخستین گام برای انجام موفقیت‌آمیز هر آزمایش، داشتن بینش و آگاهی نسبت به موضوع آن است. پس نخست باید از هدف آزمایش آگاه بود و کسب آگاهی نیز باید به این صورت باشد :

ــ شرح آزمایش و دستور کار آن را حتماً پیش از ورود به آزمایشگاه بخوانید.

ــ از خودتان، از دوستانتان و از معلم خود پرسش‌هایی از این قبیل مطرح کنید : «هدف از آموختن این آزمایش‌ها چیست؟»، «مسئله چیست؟»، «آیا نکته‌ی غیرعادی در آن وجود دارد؟».

هرگاه تردیدی دارید آن را با معلم خود در میان بگذارید. پرسش کردن در این موارد، نشانه‌ی ضعف و عدم توانایی نیست، بلکه عکس آن صحیح است. حال که ذهن شما آماده شد و سازمان یافت، مواد و وسایل را قبل از انجام آزمایش، به‌طور کامل آماده سازید.

۱ــ۲ــ روش کار

دستور کار را به دقت دنبال کنید. هرگاه احساس می‌کنید که در جایی نمی‌توانید این کار را انجام دهید، بدون تردید از معلم خود بپرسید و کمک بخواهید. نتیجه‌گیری‌ها و مشاهده‌های خود را آن‌گونه که به‌دست می‌آیند، ثبت کنید و امانت را در گزارش دادن رعایت نمایید. بهتر است آزمایش را در حال انجام توصیف کنید. خلاصه‌برداری پایانی ممکن است به تنظیم گزارش مطلوبی نینجامد.

همه‌ی ملاحظات ایمنی را رعایت کنید. هرگونه وضع غیرعادی را فوراً با معلم

خود در میان بگذارید. نتیجه‌گیری‌ها بخش مهم و اساسی کار شماست و از آن طریق درمی‌یابید که مطلب را چه‌قدر و چگونه درک کرده‌اید. میزان اعتبار نتیجه‌گیری‌ها تا حدود زیادی به‌دقت مشاهده‌های شما بستگی دارد. توصیف رویدادها امر آسانی است، اما بیان علت‌ها کار مشکلی است که نیاز به مطالعه و تحقیق دارد. پرسش‌های آخر آزمایش، دانش شما را گسترش می‌دهند و بر قدرت تحلیل و ابتکار شما می‌افزایند.

۱ــ۳ــ ثبت نتایج

دقت کنید که ثبت نتایج به‌طور مختصر، شمرده و مستقیماً در ارتباط با موضوع مورد تحقیق باشد. بهتر آن است که این نتایج را در دفتر آزمایشگاه بنویسید تا بتوانید آن را به‌موقع در کنار یادداشت‌های درس نظری قرار دهید. بدین‌ترتیب، رابطه‌ی قوی‌تری میان درس نظری و فعالیت‌های آزمایشگاهی برقرار می‌شود. در کار گروهی، چه فعالیت و چه نتیجه‌گیری، همه‌ی اعضای گروه باید در تنظیم گزارش مشارکت کنند.

۱ــ۴ــ ایمنی، قوانین و مقررات در آزمایشگاه

با توجه به این که به هنگام آزمایش، سلامت شما به‌طرز کار و رعایت قوانین آزمایشگاهی بستگی دارد، به برخی نکات مهم در این کتاب اشاره می‌شود. سعی کنید تمامی نکات را به‌خاطر داشته باشید و به‌موقع آن‌ها را به‌کار ببرید.

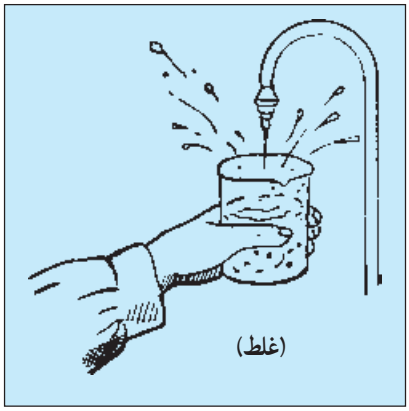
۱. همواره با کسب آمادگی‌های قبلی به آزمایشگاه وارد شوید و دستور کار آزمایش را قبلاً مطالعه کنید.

۲. در هر آزمایش کاملاً احتیاط نموده و هرگونه حادثه یا وضع غیرعادی پیش‌آمده را به اطلاع معلم خود برسانید.

۳. قبل از برداشتن هر ماده، برچسب روی شیشه را به‌دقت بخوانید و قبل از انجام آزمایش نیز یک بار دیگر برچسب را بخوانید.

۴. از چشیدن یا لمس کردن مواد شیمیایی جداً خودداری کنید.

۵. از بوییدن مستقیم مواد شیمیایی پرهیز کنید. با تکان دادن دست، اندکی از بخار مواد را ــ مطابق شکل ــ با احتیاط به‌سوی بینی خود هدایت کنید.



(غلط)

۶. هنگامی که ماده‌ای را در لوله‌ی آزمایش می‌ریزید و حرارت می‌دهید، دهانه‌ی لوله را به‌طرف هم‌کلاسی خود نگیرید، زیرا ممکن است در اثر جوش آمدن ماده، مایع داخل لوله به‌شدت به‌خارج پاشیده شود و به‌صورت و چشم وی آسیب برساند.

۷. درموقع رقیق کردن اسیدها، همیشه به‌خاطر داشته باشید که اسید غلیظ را به آهستگی وارد آب کنید و به‌هم بزنید. هرگز آب را به داخل اسید غلیظ نریزید. گرمای

(درست)

ایجاد شده باعث پاشیده شدن و پرتاب مخلوط به‌خارج و حتی شکستن ظرف می‌شود.

۸. هرگاه اسید، باز یا هر ماده‌ی شیمیایی خورنده‌ای، روی میز یا زمین بریزد آن را با مقدار زیادی آب بشویید، درصورتی که لباس شما به اسید آغشته شود، آن را با آمونیاک رقیق خنثی کنید و اگر به باز آغشته شود آن را با استیک‌اسید رقیق و سپس با آمونیاک خنثی کنید و در پایان، با آب زیاد شست‌وشو دهید.

۹. هنگام حرارت دادن مواد و کار کردن با سدیم یا فلزهای قلیایی و دیگر موادی که احتمالاً خطرآفرین هستند، استفاده از عینک محافظ اهمیت بیش‌تری پیدا می‌کند.

۱۰. هنگامی که می‌خواهید لوله‌ی شیشه‌ای را در سوراخ چوب‌پنبه وارد کنید، سر لوله را با اندکی گلیسیرین چرب و چوب‌پنبه را تر کنید (درصورتی که استفاده از آب برای آزمایش مجاز نباشد، از ترکردن چوب‌پنبه خودداری کنید.) آن‌گاه لوله را با دستمال بگیرید و با احتیاط و با حرکت چرخشی آن را درون سوراخ چوب‌پنبه وارد کنید. برای احتراز از شکسته شدن لوله، به‌جاست که آن بخش از لوله را در دست بگیرید که نزدیک چوب‌پنبه است. به‌همین روش می‌توانید دماسنج، قیف و... را در سوراخ چوب‌پنبه وارد کنید.

۱۱. هنگام روشن کردن چراغ گاز آزمایشگاه دقت کنید که قبل از باز کردن شیر گاز، باید کبریت مشتعل را آماده کرده باشید. بهتر است انجام این کار با اطلاع متصدی آزمایشگاه باشد.

۱۲. در انجام هرگونه آزمایشی، هرگز شتاب نکنید. شتاب در انجام آزمایش، هم‌ممکن است خطرآفرین باشد و هم شما را از دسترسی به‌نتیجه و دقت مطلوب بازدارد.

۱۳. از بی‌نظمی در آزمایشگاه جداً بپرهیزید و از جابه‌جا کردن مواد و وسایل آزمایشگاهی که جای معینی دارند خودداری کنید.

۱۴. از حرارت دادن وسایلی مانند استوانه‌ی مدرّج و بالن پیمانه‌ای خودداری کنید ؛ چون به‌آسانی می‌شکنند.

۱۵. جای جعبه‌ی کمک‌های اولیه، کپسول آتش‌نشانی، محل کلید برق اصلی آزمایشگاه و طرز کاربرد آن‌ها را همواره به‌خاطر بسپارید.

۱۶. هرگز باقی‌مانده‌ی مواد شیمیایی را که در آزمایش به‌کار نرفته است، به شیشه‌ی اصلی برنگردانید، چون ممکن است به مواد دیگر آلوده باشند.

۱۷. قبل از ترک آزمایشگاه لوازمی را که با آن‌ها کار کرده‌اید به‌دقت بشویید و در جای خود، به‌طور مناسب قرار دهید.

۱۸. میز کار خود را تمیز کنید و هرگونه آشغال، مانند : چوب‌کبریت سوخته، کاغذ و... را در سطل آشغال بریزید.

۱۹. مشاهده‌ها و نتیجه‌گیری‌های خود را مطابق دستورالعمل ثبت کنید و در پایان آزمایش به معلم خود تحویل دهید.

۱ــ۵ــ مراقبت‌های اولیه هنگام آتش‌سوزی و مسمومیت

در موقع بروز حادثه توجه به این نکات ضروری است :

۱. اگر آتش‌سوزی ایجاد شد :

ــ درصورت امکان جسمی را که در حال اشتعال است از محل حریق دور کنید.

ــ شیرهای گاز را ببندید.

ــ دو شاخه‌ی دستگاه‌های برقی را از پریز خارج کنید.

ــ جسمی را که در حال سوختن است با شن یا پتوی خیس بپوشانید.

ــ درصورت لزوم از کپسول آتش‌نشانی استفاده کنید.

۲. اگر لباس کسی آتش گرفت :

ــ درصورت امکان، بدون اتلاف وقت، شخص را روی زمین بخوابانید و او را با پتوی خیس بپوشانید.

ــ برای خاموش کردن لباس‌های وی از پاشیدن آب خودداری کنید. به‌خاطر داشته باشید که بعضی از مواد شیمیایی مانند : CaH_2 ، NaH، Li، K و Na با افزودن آب، بیش‌تر مشتعل می‌شوند.

۳. هرگاه بدن دچار سوختگی شد :

ــ اگر سوختگی در اثر اسیدها باشد، محل سوختگی را زیر شیر آب، با جریان قوی قرار دهید ؛ سپس آن را با محلول ۳٪ جوش شیرین (سدیم بی‌کربنات) بشویید و سرانجام با داروهای ضد سوختگی بپوشانید.

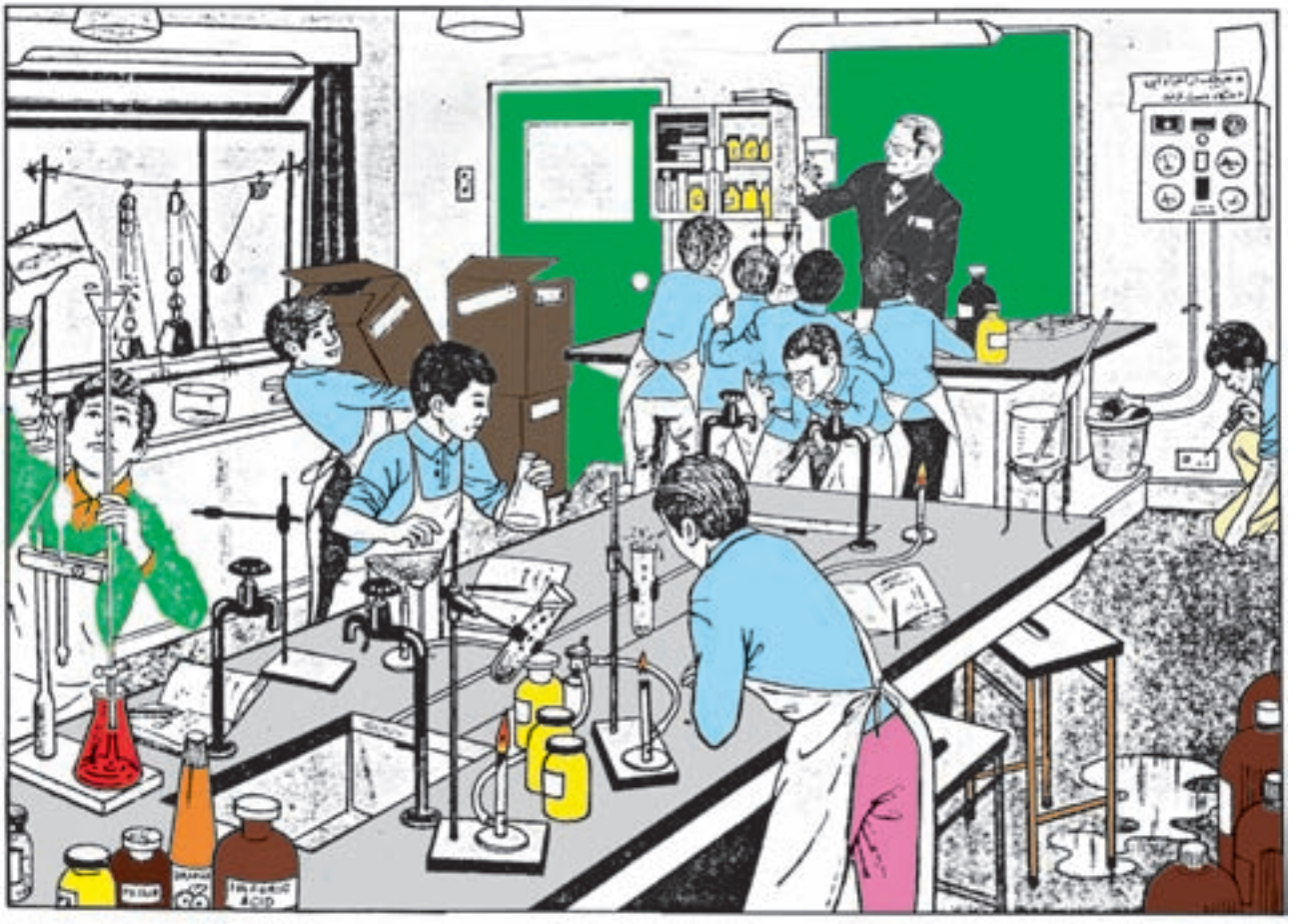
ــ اگر سوختگی مربوط به قلیاها باشد، محل سوختگی را زیر شیر آب، با جریان قوی قرار دهید ؛ سپس آن را با محلول ۱٪ استیک اسید بشویید و با داروهای ضدسوختگی بپوشانید.

ــ اگر سوختگی در اثر برم باشد، محل آسیب‌دیده را با الکل یا گلیسیرین زیاد شست‌وشو دهید و پنبه‌ی آغشته به الکل یا گلیسیرین را روی زخم قرار دهید.

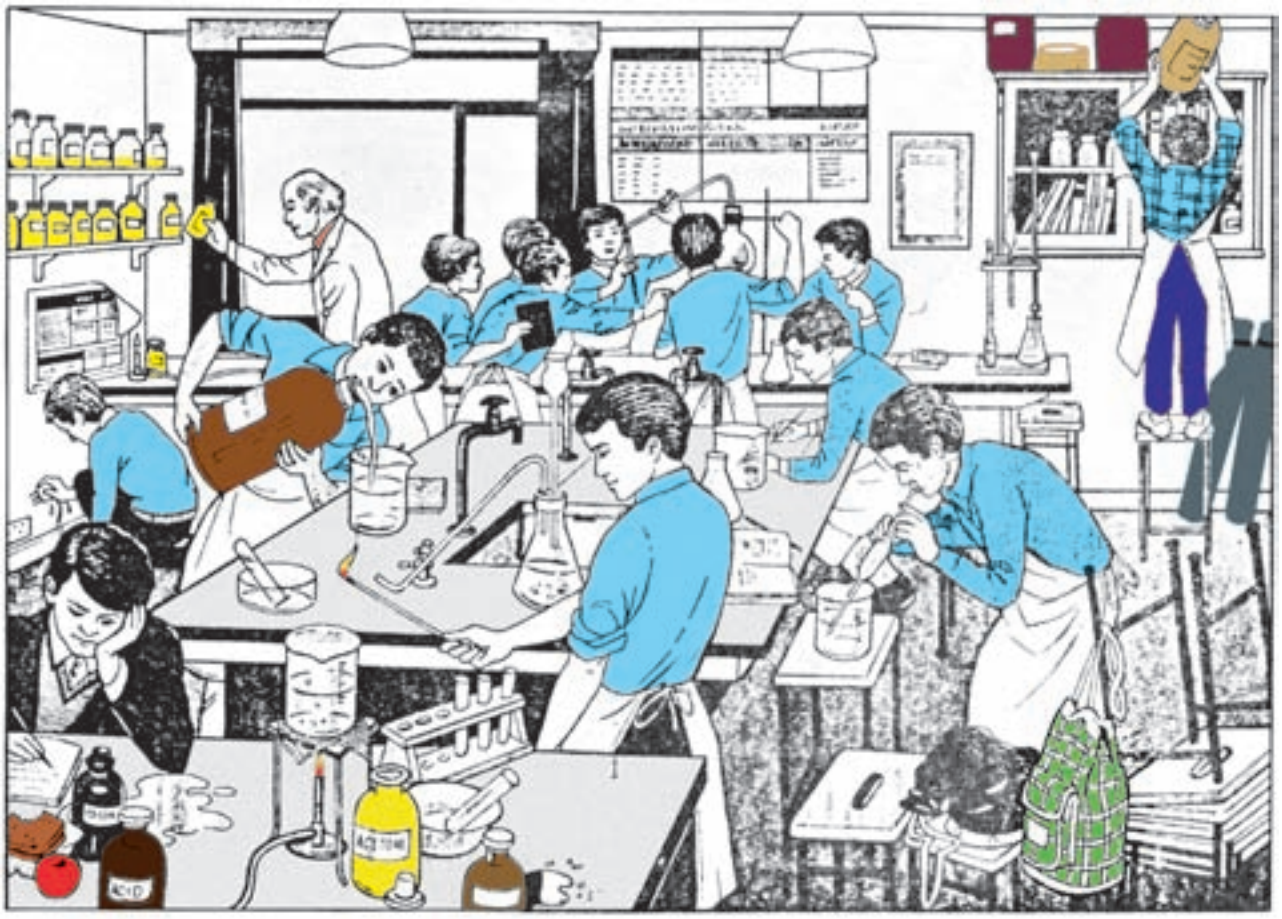
ــ اگر سوختگی در اثر فنل باشد، محل سوختگی را با الکل بشویید ؛ سپس از داروی ضدسوختگی استفاده کنید.

ــ اگر سوختگی در اثر تماس دست با جسم داغ باشد، نخست، چند دقیقه آن را با محلول سدیم بی‌کربنات اشباع در تماس بگذارید و بعد، آن را با اکسید روی یا پماد مناسب چرب کنید.

ــ توجه داشته باشید که هنگام بروز هرگونه سوختگی شدید یا مسمومیت در اثر تنفس و بلع مواد شیمیایی و بخارات آن‌ها فرد مصدوم را حتماً نزد پزشک ببرید یا به نزدیک‌ترین درمانگاه، هدایت کنید.



شکل (۱ــ۱)



شکل (۱ــ۲)

علامت‌های هشداردهنده

پرسش: به شکل‌های (۱ــ۱) و (۱ــ۲) در صفحات ۷ و ۸ توجه کنید :

۱. به نکات ایمنی‌ای که در آزمایشگاه‌های این دو شکل رعایت نشده است اشاره کنید.

۲. فهرست موارد خطرناک و حادثه‌آفرین هر دو شکل را تهیه نمایید.

۱ــ۶ــ عدم قطعیت در اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی

در گزارش‌های علمی، عبارت‌هایی مانند : «امروز هوا سرد است.» یا «این جسم سنگین است.» کم‌تر به‌کار می‌رود. به‌جای آن‌ها اغلب از عبارت‌هایی چون «دمای هوای آزمایشگاه ۲۵ درجه‌ی سلسیوس است» یا «این ظرف دارای ۲۴/۱۲ گرم نمک‌طعام است» استفاده می‌شود. دو عبارت اول را که فاقد بیان عددی هستند، «توصیف کیفی» و دو عبارت بعدی را «بیان کمی» می‌نامند. بیان کمی باید نشان‌دهنده‌ی مقدار واقعی کمیت‌ها باشد، اما آیا این کار ممکن است؟ هر بیان علمی در حقیقت، منتقل کننده‌ی دانش ما درباره‌ی محیط است. چنان چه این بیان چیزی کم‌تر از دانستنی‌های ما باشد دقیق نیست و هم‌چنان اگر چیزی بیش از آن باشد، گمراه‌کننده است. دقیق‌ترین بیان ــ آن چه از واقعیت دانسته شده است ــ آن است که واضح و حتی‌الامکان از خطا به‌دور باشد.

هنگامی که دانش‌آموزان کلاس در آزمایشگاه، طول یک تکه چوب را با خط‌کش‌های خود اندازه می‌گیرند و نتیجه‌ی اندازه‌گیری خود را گزارش می‌دهند. می‌بینیم که پاسخ‌های آن‌ها یکسان نیست و اندکی با یکدیگر متفاوت است. خط‌کش‌های معمولی تا میلی‌متر درجه‌بندی شده است. آیا اندازه‌گیری طول چوب با این خط‌کش‌ها دارای پاسخ دقیق است؟ چرا؟ اندازه‌گیری به‌وسیله‌ی متر نواری بهتر است یا خط‌کش میلی‌متری؟ آیا مهارت همه‌ی دانش‌آموزان در به‌کار بستن خط‌کش، حتی اگر از یک نوع باشد، یکسان است؟

۱ــ۷ــ خطاهای فردی و خطاهای ابزاری در اندازه‌گیری آزمایشگاهی

خطاهای اندازه‌گیری بر دو نوع‌اند : «خطاهای فردی» و «خطاهای ابزاری».

الف) خطاهای فردی: درباره‌ی خطاهای فردی باید گفت که دقت افراد همگی یکسان نیست. این خطا را «خطای مشاهده‌کننده» می‌نامند. مهارت مشاهده‌کننده و تجربیات گذشته‌ی او در به‌کار بستن مقیاس اندازه‌گیری، هم‌چنین قدرت تشخیص چشم او در اندازه‌گیری، مؤثر است.

در این‌گونه موارد، تکرار اندازه‌گیری تأثیر خطاهای تصادفی را که ناشی از اشتباه مشاهده‌کننده است، کاهش می‌دهد ؛ از این رو، هرگاه اندازه‌گیری و آزمایش مربوط را با بردباری، حوصله، روش مناسب و برای چندین بار، تکرار کنیم، به نتیجه‌های معتبر و نزدیک به یکدیگر می‌رسیم. نتیجه‌ی مناسب در این‌جا میانگین نتایج مربوط به آزمایش‌های مورد قبول است. نتایجی که صحیح به‌نظر نمی‌رسند و احتمالاً برحسب تصادف دچار خطا شده، در محاسبه‌ی میانگین به‌کار نمی‌روند.

هرگاه اندازه‌گیری ظرف شیشه‌ای را در ترازوی نسبتاً دقیق، شش‌بار تکرار کنید این نتایج به‌دست می‌آید :

۶۹/۹ ، ۷۰/۷ ، ۷۰/۲ ، ۷۱/۳ ، ۷۰/۴

کدام‌یک از اعداد یاد شده را در محاسبه‌ی میانگین به‌کار نمی‌برید؟

براساس تحقیق، تأثیر خطاهای مربوط به دقت مشاهده‌کننده که معمولاً جنبه‌ی تصادفی دارد، با تکرار آزمایش و میانگین‌گیری، کم‌تر می‌شود، بنابراین، جرم همان ظرف به این صورت محاسبه می‌شود :

$$\frac{۶۹/۹+۷۰/۷+۷۰/۲+۷۱/۳+۷۰/۴}{۵}=۷۰/۵$$

ب) خطاهای ابزاری: خطاهای مربوط به کاربرد ابزارها، برخلاف خطاهای تصادفی که ناشی از فعالیت مشاهده‌کننده هستند، در تمام طول آزمایش وجود دارند و پیوسته تکرار می‌شوند و برنتیجه‌ی آزمایش تأثیر می‌گذارند. به این دلیل، نتیجه‌ای که از یک وسیله‌ی اندازه‌گیری به‌دست می‌آید با نتیجه‌ای که با وسیله‌ی دیگر حاصل می‌شود، تفاوت نسبتاً آشکار دارد. به‌طور مثال، برای اندازه‌گیری حجم اندکی مایع، می‌توان از دو نوع استوانه‌ی مدرّج ۱۰ میلی‌لیتری و ۱۰۰ میلی‌لیتری استفاده کرد. بدیهی است که دقت حاصل از اندازه‌گیری حجم مایع در استوانه‌ی باریک‌تر بیش از استوانه‌ی قطور است. دلیل درستی این گفته آن است که اگر چند قطره‌ی دیگر از همان مایع را به هر دو استوانه اضافه کنیم، تغییر حجم نسبتاً محسوس در استوانه‌ی باریک مشاهده می‌شود، درصورتی که این چند قطره آب در پهنای سطح استوانه قطور ناپدید می‌شود. نتیجه آن که دقت و درستی یا مناسب بودن همه‌ی ابزارهای مربوط به یک روش اندازه‌گیری،

یکسان نیست. به‌کار بستن ابزارهای گوناگون برای اندازه‌گیری، دارای نتایج نسبتاً متفاوتی است. در شکل (۱ــ۳) چند ابزار شیشه‌ای، برای اندازه‌گیری حجم‌های کم و زیاد مایع‌ها نشان داده می‌شود. سعی کنید نام و کاربرد هریک را به‌خاطر بسپارید. کدام یک میزان خطای ابزاری کم‌تری دارد؟ کدام یک دقت کم‌تر و کاربرد آسان‌تری دارد؟

مثال دیگر را در اندازه‌گیری دما پی می‌گیریم. هرگاه همه‌ی دماسنج‌هایی را که در آزمایشگاه وجود دارند، در ظرف آب‌جوش قرار دهیم، آیا دمای جوش یکسانی را نشان

شکل (۱ــ۳)

می‌دهند؟ دماسنج‌ها نیز خطای ابزاری و به اصطلاح عدم قطعیت دارند. دقت تشخیص دما به‌عوامل زیادی بستگی دارد که در رأس آن‌ها نوع و ساختمان دماسنج است. دماسنجی که به‌کار می‌رود تا چه حد دقیق ساخته شده است؟ آیا قطر لوله‌ی مویین آن در سرتاسر دماسنج یکی است؟ آیا درجه‌بندی آن به‌دقت انجام گرفته و فاصله‌ی میان یک درجه با درجه‌ی بعدی واقعاً یکسان است؟ کوچک‌ترین درجه‌ی این دماسنج چه‌قدر است؟ آیا میزان دقت قرائت این دماسنج تا ۰/۱ یا ۰/۰۱ درجه‌ی سلسیوس است؟

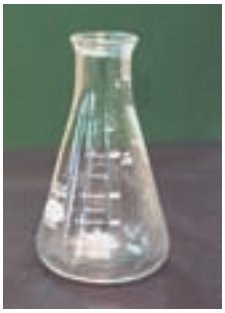
فصل دوم

ابزارهای آزمایشگاهی

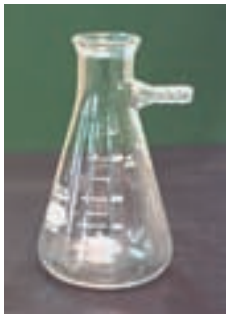
هدف رفتاری: پس از پایان این قسمت از فراگیر انتظار می‌رود :
ــ در کار با انواع وسایل آزمایشگاهی مهارت کسب کند.

۲ــ۱ــ آشنایی با برخی ابزارهای آزمایشگاهی

در این فصل شما با نام و مشخصات برخی از ابزارهای ساده‌ی آزمایشگاهی که برای انجام دادن آزمایش‌ها به‌کار می‌روند آشنا می‌شوید. متداول‌ترین این ابزارها و کاربرد آن‌ها عبارت‌اند از :



ارلن[1]: برای گرم کردن محلول‌ها و مایع‌ها یا برای نگه‌داری آن‌ها و هم‌چنین در سنجش‌های حجمی به‌کار می‌رود (حجم معینی از محلول مورد سنجش را در آن قرار می‌دهند). از نوع مدرّج آن به‌جای بِشِر مدرّج می‌توان استفاده کرد.

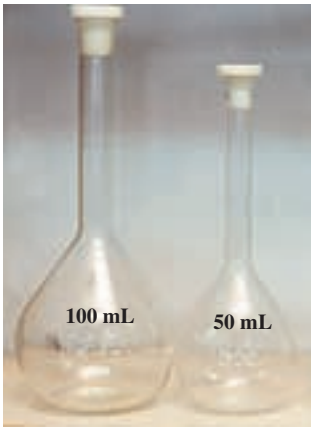


ارلن تخلیه: برای ایجاد خلأ، به‌وسیله‌ی خرطوم آبی، در آزمایشگاه به‌منظور سرعت بخشیدن به عمل صاف کردن و نیز برای تهیه‌ی مواد گازی شکل کاربرد دارد.

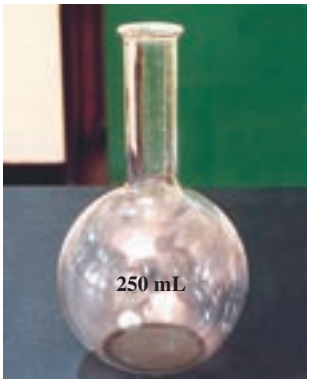
استوانه‌ی مدرّج: برای برداشتن حجم معین یا تعیین حجم مایع‌ها و محلول‌ها، نیز در تعیین حجم مواد جامد و یا چگالی آن‌ها (به‌وسیله‌ی ترازو) به‌کار می‌رود. میزان دقت آن از گیلاس مدرّج، ارلن و بِشِر مدرّج بیش‌تر اما از بورت و پی‌پت مدرّج کم‌تر است.

۱ــ Erlen

بالن با لوله‌ی جانبی: وسیله‌ای مخصوص تقطیر است (می‌توان به‌جای ارلن تخلیه از آن استفاده کرد ؛ البته شکننده‌تر از ارلن تخلیه است.)



بالن پیمانه‌ای: کاربرد ویژه‌ی آن در تهیه‌ی محلول‌های سنجیده، با غلظت معین است.



بالن ته پهن: برای نگه‌داشتن محلول‌ها، نیز برای درست کردن آبفشان از آن استفاده می‌شود. (نباید از آن برای گرم کردن استفاده کرد، زیرا جنس آن از شیشه‌ی پیرکس نیست. شیشه‌های پیرکس در اثر گرما نمی‌شکنند.)

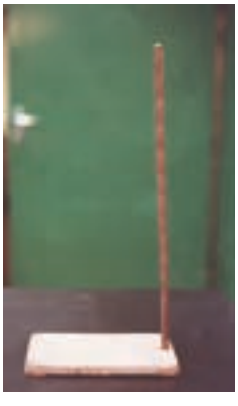
بالن ته‌گرد: برای گرم کردن محلول‌ها یا مایع‌ها، به‌ویژه در عمل تقطیر، از آن استفاده می‌شود.

برس لوله (لوله‌شوی): برای شستن و تمیز کردن جدار داخلی لوله‌ی آزمایش و مشابه آن کاربرد دارد.

بِشِر[1]**:** برای گرم کردن محلول‌ها و مایع‌ها، در سنجش‌های حجمی (مثلاً سنجش اسید و باز) به‌کار می‌رود. از نوع مدرّج آن می‌توان برای برداشتن حجم معین و یا تعیین حجم محلول‌ها یا مایع‌ها، البته به‌طور تقریبی، استفاده کرد.

بوته‌ی چینی: وسیله‌ای چینی است که برای گرما دادن شدید و تجزیه کردن مواد جامد در دمای چراغ گاز یا کوره‌ی الکتریکی در آزمایشگاه به‌کار می‌رود.

بورت مدرّج: کاربرد ویژه‌ی آن در سنجش‌های حجمی است. معمولاً محلولی را که غلظت آن مشخص است در آن می‌ریزند.



میله و پایه‌ی فلزی: برای نگاه داشتن وسایلی مانند بورت، بالن و به‌طور کلی نصب دستگاه‌های مختلف، به‌وسیله‌ی گیره‌ها، به‌کار می‌رود.

۱ــ Beaker

میله و پایه با گیره‌های حلقه‌ای: برای نگاه داشتن قیف در عمل صاف کردن به‌کار می‌رود.

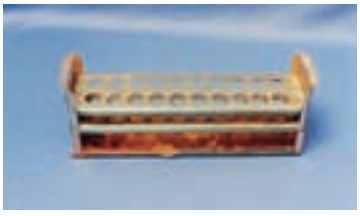
پنس بوته: نوعی پنس فلزی است که برای گذاشتن و برداشتن بوته‌ی چینی روی چراغ گاز یا در داخل کوره‌ی الکتریکی از آن استفاده می‌شود.
پنس فلزی: در آزمایشگاه برای برداشتن و گذاشتن وزنه‌های ترازو به‌کار می‌رود.

پی‌پت حباب‌دار: برای برداشتن یا ریختن مقدار مشخص از مایع‌ها یا محلول‌ها، به‌ویژه در سنجش‌های حجمی، به‌کار می‌رود.

پی‌پت مدرّج: برای برداشتن یا ریختن مقدار معین دل‌خواه از مایع‌ها یا محلول‌ها، در مقیاس نسبتاً کم به‌ویژه در سنجش حجمی، کاربرد دارد.

آبفشان پلاستیکی: برای نگه‌داشتن آب مقطر یا محلول‌ها و مایع‌های دیگر و ریختن مقدار کم آن‌ها به‌کار می‌رود.

توری نسوز: نوعی توری فلزی است که در قسمت وسط آن پوششی از ماده‌ی نسوز قرار داده شده که برای جلوگیری از تأثیر مستقیم شعله بر آن‌چه باید به‌وسیله‌ی شعله گرم شود، به‌کار می‌رود.

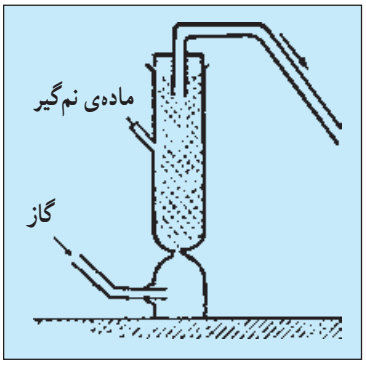


جالوله: وسیله‌ای است چوبی یا فلزی که برای قرار دادن و نگه‌داری لوله‌های آزمایش به‌کار می‌رود.

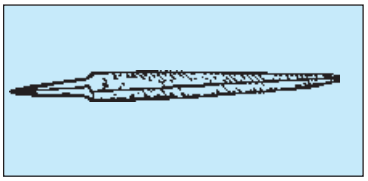
چراغ گاز آزمایشگاه: وسیله‌ی فلزی گازسوزی است که برای گرما دادن به مواد و نظایر آن در آزمایشگاه کاربرد دارد.

چوب‌پنبه سوراخ کن: مجموعه‌ای از لوله‌های فلزی توخالی در اندازه‌های متفاوت که لبه‌ی تیز دارند و برای سوراخ کردن چوب‌پنبه یا درپوش‌های لاستیکی به‌کار می‌رود.

دستگاه خشک‌کننده (دسیکاتور): وسیله‌ای شیشه‌ای که در قسمت پایین آن ماده‌ی نم‌گیری مانند سولفوریک اسید غلیظ می‌ریزند و در بالای آن روی یک صفحه‌ی مشبک چینی، ماده‌ی خشک‌شدنی مایع یا جامد را قرار می‌دهند.



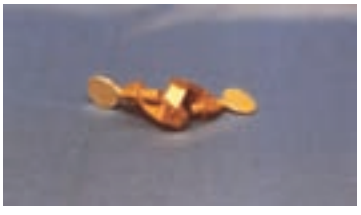
دستگاه خشک‌کننده‌ی گازها: وسیله‌ای شیشه‌ای است که با عبور گازهای مربوط از خلال یک ماده‌ی نم‌گیر مناسب (مانند $CaCl_2$ بی‌آب) در آن، رطوبت گاز را می‌گیرند.



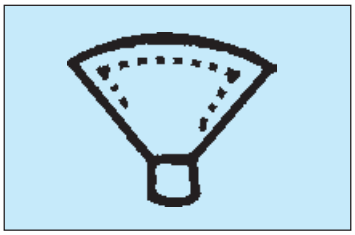
سوهان سه‌گوش: نوعی سوهان است که برای بریدن لوله‌های شیشه‌ای از آن استفاده می‌شود. نوع گرد آن که به سوهان «دم موشی» معروف است، برای سوراخ کردن چوب‌پنبه یا بزرگ کردن سوراخ آن به‌کار می‌رود.

سه پایه‌ی فلزی: وسیله‌ای است فلزی که برای نگاه داشتن وسایل و گرم کردن آن‌ها در بالای شعله‌ی چراغ گاز آزمایشگاه کاربرد دارد.

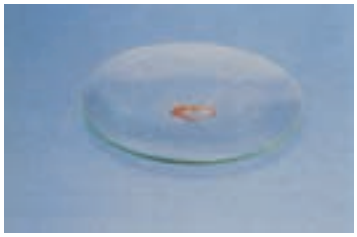
مثلث نسوز: وسیله‌ای است فلزی که روکشی از چینی نسوز دارد و معمولاً آن را روی سه‌پایه قرار می‌دهند و برای نگه‌داری بوته‌ی آزمایشگاهی و نظایر آن، به‌کار می‌رود.



شاخک‌گیره: وسیله‌ای فلزی است که به‌وسیله‌ی دو پیچ، گیره‌ی بالن را به پایه وصل می‌سازد.



شعله‌پخش‌کن: برای پخش شعله‌ی چراغ گاز آزمایشگاه، به‌منظور نرم کردن و خم کردن لوله‌های شیشه به‌کار می‌رود.



شیشه‌ی ساعت: وسیله‌ای شیشه‌ای است که معمولاً برای تبخیر محلول‌ها به‌منظور ایجاد بلور در گرمای ملایم (مثلاً بالای بخار آب‌جوش) به‌کار می‌رود.

قاشقک: وسیله‌ای است که برای نرم کردن پودر و برداشتن آن به‌کار می‌رود.

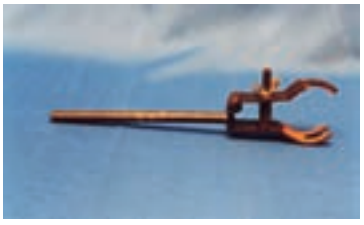
قطره‌چکان: برای برداشتن یا ریختن مایع‌های سمی کاربرد دارد. از نوع مدرّج آن به‌جای پی‌پت مدرّج، برای برداشتن حجم معینی از مایع‌ها یا محلول‌های سمی استفاده می‌شود.

قیف ساده: برای صاف کردن و نیز انتقال مایع‌ها از ظرفی به ظرف دیگر به‌کار می‌رود.

قیف جداکننده: برای جدا کردن دو مایع که با یک‌دیگر آمیخته نشده باشند، به‌کار می‌رود (مانند آب و روغن).

خرطوم آبی: وسیله‌ای است که با جاری شدن آب از داخل آن حالت مکش به‌وجود می‌آید که در صورت متصل بودن به ارلن تخلیه این مکش سبب ایجاد خلأ در داخل ظرف می‌شود. از آن برای سریع صاف کردن در خلأ استفاده می‌شود.

کپسول چینی: ظرفی از جنس چینی است که برای گرم و خشک کردن مواد یا گرفتن آب تبلور مواد بلوری به‌کار می‌رود.



گیره‌ی بالن: گیره‌ی فلزی است که برای نگه‌داشتن بالن، ارلن و... به‌وسیله‌ی شاخک و پایه، کاربرد دارد.

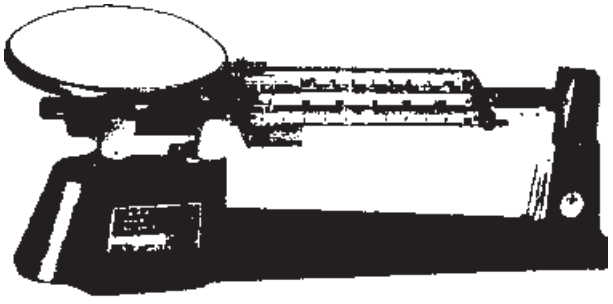
گیره‌ی بورِت: گیره‌ای فلزی است که مستقیماً به میله‌ی پایه‌ی فلزی وصل می‌شود و برای نگه‌داشتن بورت به‌کار می‌رود.

گیره‌ی چوبی: برای نگه‌داشتن لوله‌ی آزمایش به‌کار می‌رود.

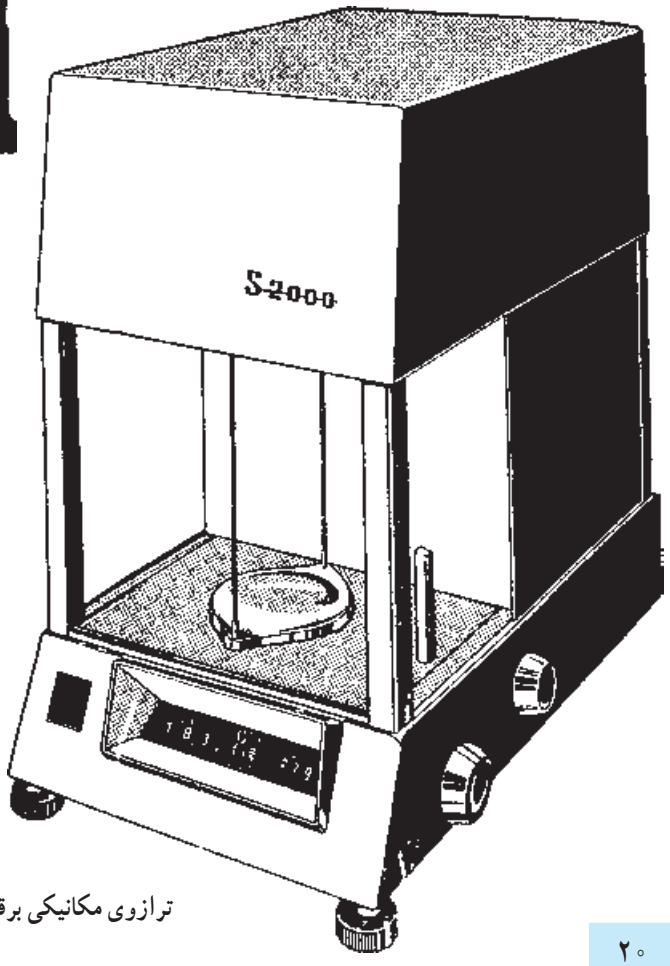
گیره‌ی فلزی: برای نگه‌داشتن لوله‌ی آزمایش به‌کار می‌رود.

گیلاس مدرّج: برای برداشتن حجمی معین یا تعیین حجم مایع‌ها، به‌طور تقریبی، کاربرد دارد. امروزه کاربرد آن در آزمایشگاه‌های شیمی تقریباً منسوخ شده است.

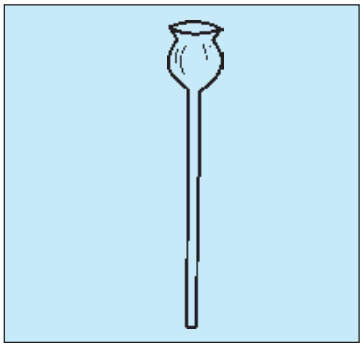
ترازوی دو کفه‌ای



ترازوی یک کفه‌ای



ترازوی مکانیکی برقی

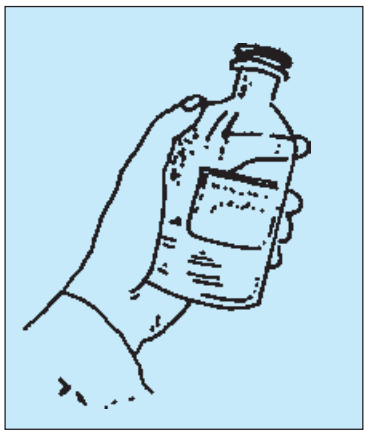


لوله‌ی قیف‌دار: برای انتقال مایع‌ها از ظرفی به‌ظرف دیگر یا در ریختن مایع‌ها یا محلول‌ها بر روی مواد جامد (مثلاً اضافه کردن اسید بر روی فلزها در تهیه‌ی گازها و...) کاربرد دارد.

هاون چینی: وسیله‌ای است که برای خرد و نرم کردن مواد جامد در آزمایشگاه به‌کار می‌رود.

عینک پلاستیک (عینک محافظ): برای محافظت چشم از پاشیده شدن اسیدها، بازها و سایر مایع‌های خطرناک به آن، هم‌چنین جلوگیری از پرتاب شدن اشیای فلزی یا تکه‌های شیشه‌ی شکسته به چشم، استفاده می‌شود.

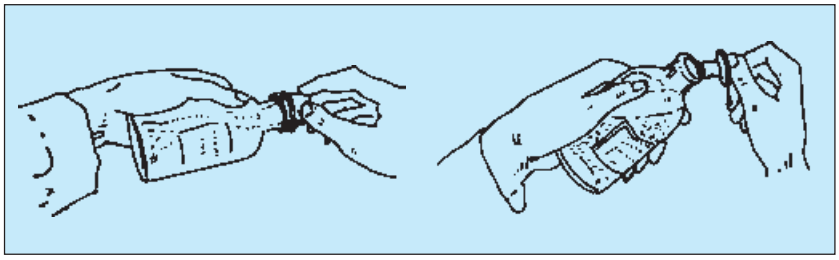
۲ــ۲ــ انتقال مواد مایع و جامد



روش صحیح انتقال مایع‌ها و جامدها در شکل‌های زیر نشان داده شده است.
دقت کنید که درموقع جابه‌جا کردن محلول‌های شیمیایی به اطرافیان خود آسیبی نرسانید و بیش‌تر از احتیاج خود، محلول برندارید. هیچ‌گاه درِ شیشه‌های محلول را روی میز نگذارید. قطره‌چکان خود را قبل از شستن و آب کشیدن در محلول‌های عمومی وارد نکنید.

ــ برچسب را به‌دقت بخوانید.

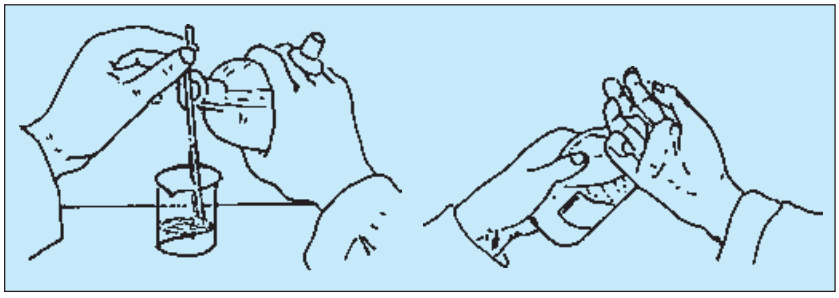
ــ در حالی که درِ شیشه را کمی از جایش بلند کرده‌اید شیشه را با ملایمت کج کنید تا محلول داخل آن، جدار داخلی گردن شیشه را مرطوب کند. این کار سبب می‌شود تا محلول درموقع خارج شدن از شیشه پخش نشود.



ــ درِ شیشه را به‌جای خود بگذارید و دوباره آن را به‌وسیله‌ی پشت دست باز کنید.

ــ از محلول به‌مقدار موردنیاز بردارید.

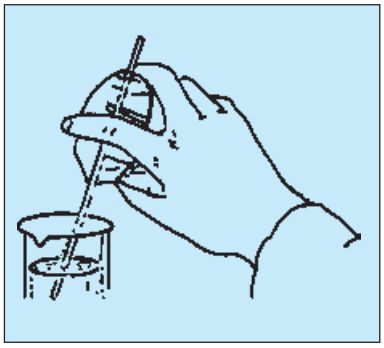
ــ محلول را از بالا به پایین روی میله‌ی شیشه‌ای بریزید.

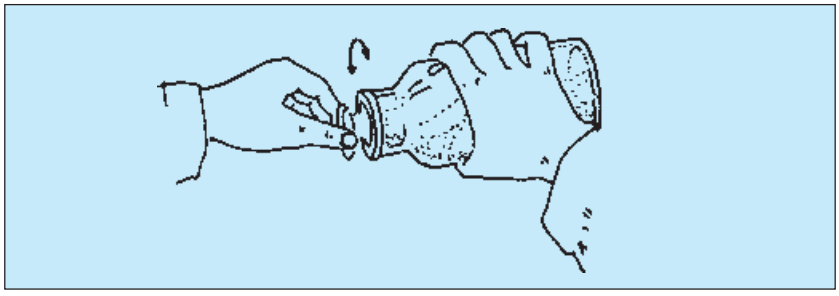


ــ وقتی می‌خواهید محلولی را از یک بِشِر به بِشِر دیگر انتقال دهید به‌روشی که در شکل نشان داده شده است عمل کنید.

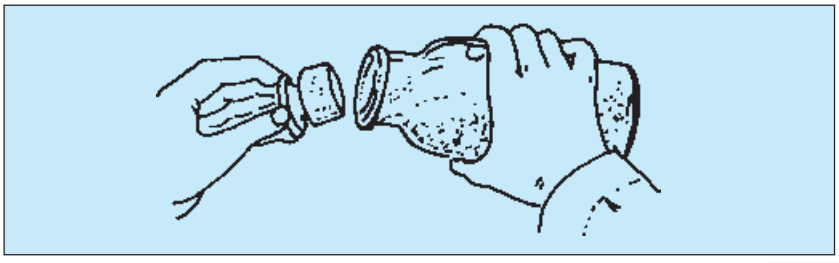
ــ برای برداشتن مواد شیمیایی جامد به این روش عمل کنید :

ابتدا شیشه را کج کنید تا این که قسمتی از محتوی آن وارد درِ شیشه شود.

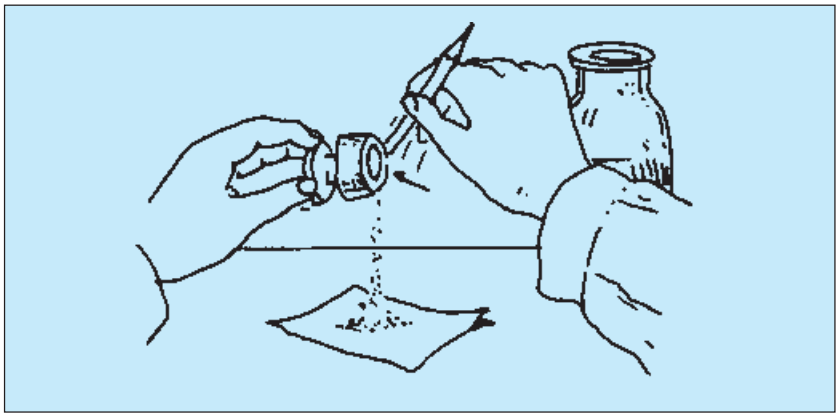




سپس در را طوری بردارید که مقداری از محتوی شیشه در داخل آن باقی بماند.



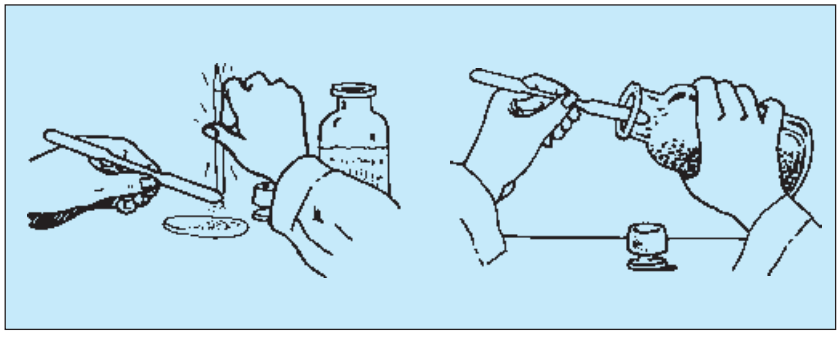
به‌وسیله‌ی مداد، با ضربه زدن آهسته به درِ شیشه، به اندازه‌ی دل‌خواه از ماده بردارید.



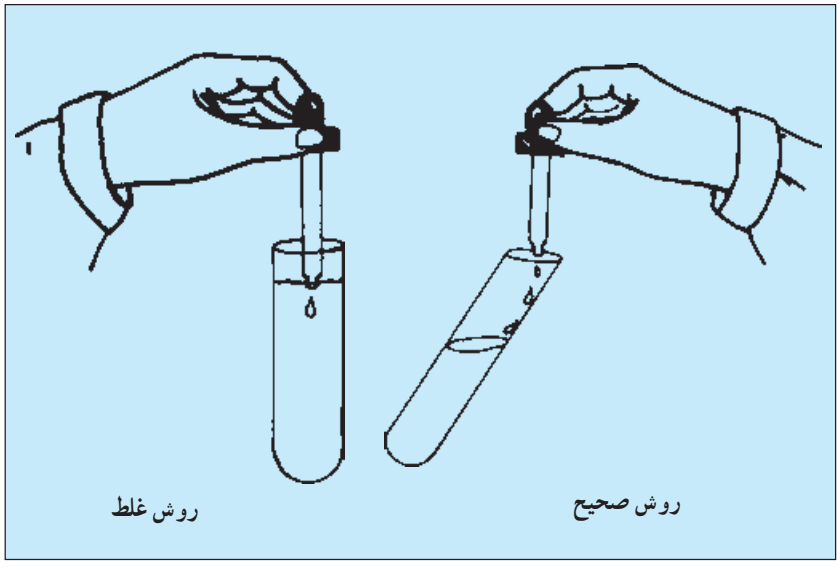
برای برداشتن مواد جامد می‌توان از قاشقک نیز استفاده کرد.

با قاشقک مقدار اندکی ماده بردارید.

به قاشقک ضربه بزنید تا به اندازه‌ی کافی ماده از آن بیرون بریزد.

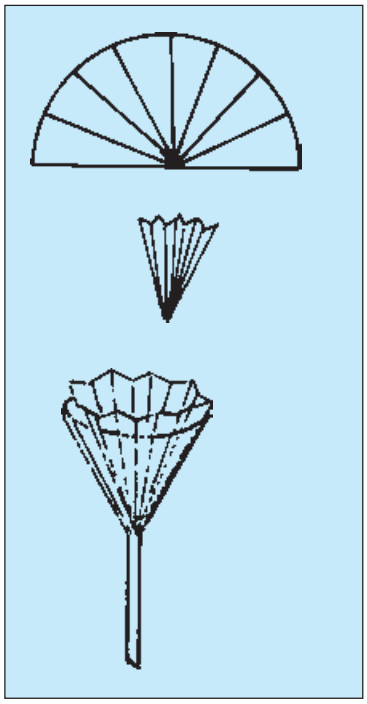


روش صحیح استفاده از قطره‌چکان در شکل زیر نشان داده شده است.



جدا کردن رسوب

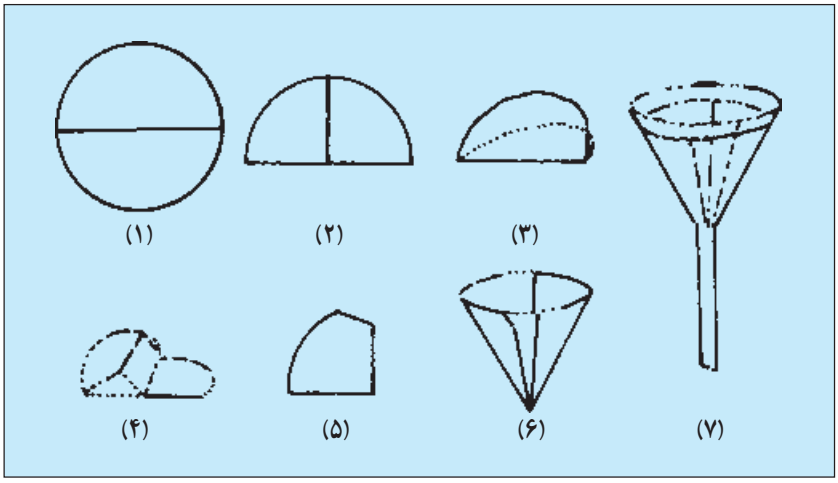
در اغلب آزمایش‌هایی که رسوبی تشکیل می‌شود لازم است که رسوب را از محلول جدا کنید. برای جداکردن رسوب به سه طریق می‌توان عمل کرد :



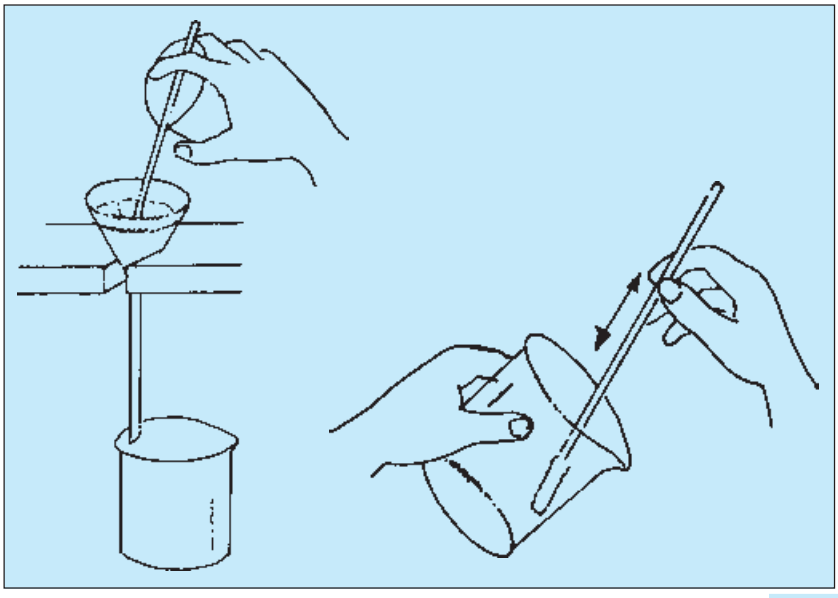
۱. صاف کردن: ساده‌ترین راه جدا کردن رسوب استفاده از قیف و کاغذ صافی است. درصورتی که ذره‌های تشکیل دهنده‌ی رسوب بسیار ریز باشند ــ به‌طوری که از کاغذ صافی عبور کنند ــ مدتی صبر کنید تا از به‌هم چسبیدن ذره‌های ریز، ذرات درشت‌تر تشکیل شود. در برخی از حالت‌ها، ممکن است گرم کردن نیز برای تشکیل ذره‌های درشت‌تر مؤثر باشد.

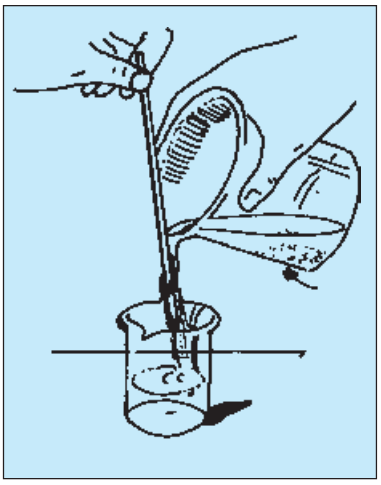
راه دیگر آن است که از کاغذ صافی مرغوب‌تر استفاده شود.

در شکل زیر روش صاف کردن نشان داده شده است. لازم است رسوب را چندبار و هر بار با کمی آب شست‌وشو دهید.



روش تاکردن کاغذ صافی





۲. روش سرریز کردن: اگر رسوب درون یک محلول به‌صورت معلق باشد ابتدا آن را مدتی به حال خود بگذارید تا ته‌نشین شود ؛ سپس محلول زلال روی رسوب را با دقت خارج کنید. به رسوب، آب اضافه کنید و پس از ته‌نشین شدن آن، دوباره محلول روی رسوب را خارج کنید. بهتر است این عمل چندین بار تکرار شود.

۳. سانتریفوژ کردن: هنگامی که جدا کردن رسوب از محلول با دو روش گفته شده مشکل باشد، از سانتریفوژ استفاده می‌کنند. درصورتی که مقدار رسوب بسیار کم باشد، استفاده از سانتریفوژ مناسب‌تر از سایر روش‌هاست. کاربرد دیگر سانتریفوژ در جداسازی دو مایع مخلوط شدنی (با چگالی متفاوت) است. در این صورت، پس از سانتریفوژ کردن، مایع سنگین‌تر در پایین لوله جمع می‌شود. سانتریفوژ با نیروی گریز از مرکز کار می‌کند و تا ۳۰۰۰ دور در دقیقه سرعت دارد. توجه داشته باشید که استفاده‌ی غلط از سانتریفوژ سبب خرابی دستگاه می‌شود و بسیار خطرناک است.

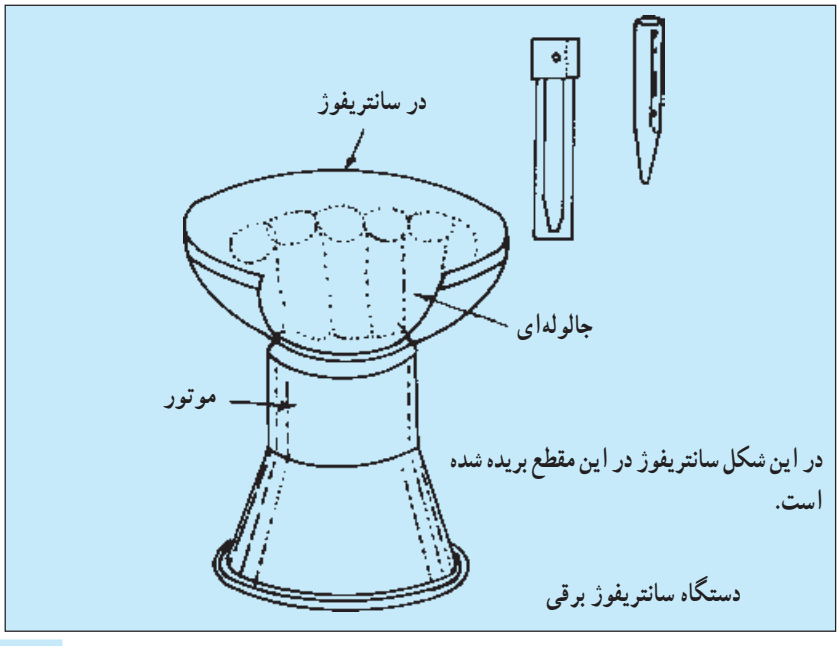
توصیه می‌شود که هنگام کار با سانتریفوژ به این نکات توجه شود :

۱. دستگاه را قبل از روشن کردن متعادل کنید. بدین‌منظور، لوله‌ی آزمایشی را هم‌اندازه با لوله‌ی آزمایشی که می‌خواهید سانتریفوژ کنید $\frac{۲}{۳}$ حجم آن را از آب پر کنید و در مقابل آن قرار دهید.

۲. لوله‌ی آزمایش را هرگز بیش از $\frac{۲}{۳}$ حجم آن پر نکنید.

۳. قبل از روشن کردن دستگاه سانتریفوژ حتماً در آن را ببندید.

۴. دستگاه را با سرعت کم روشن کنید ؛ سپس سرعت را به‌تدریج بالا ببرید. برای خاموش کردن دستگاه نیز به‌تدریج از سرعت آن بکاهید.



در این شکل سانتریفوژ در این مقطع بریده شده است.

دستگاه سانتریفوژ برقی

دستگاه سانتریفوژ برقی

۲ــ۳ــ لوازم اندازه‌گیری حجمی

از لوازم حجم‌سنجی شیشه‌ای برای تعیین حجم محلول‌ها یا مایعات استفاده می‌شود. برخی از لوازم شیشه‌ای در کارخانه مدرّج شده‌اند. گاهی روی این ظرف‌ها مانند پی‌پت یا بورت علامت TD[1] دیده می‌شود. این علامت نشانگر آن است که با این ظرف‌ها حجم مایع خارج شده از ظرف اندازه‌گیری می‌شود، نه مایع موجود در ظرف، گاه نیز علامت TC[2] روی ظرف‌های آزمایشگاهی دیده می‌شود که نشان می‌دهد با این ظرف‌ها حجم محلول موجود در ظرف برابر با مقدار نوشته شده است.

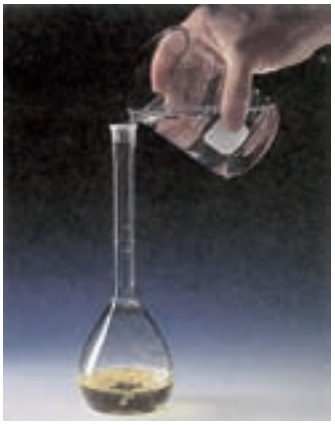
روی ظرف‌های مدرّج علاوه‌بر این علامت‌ها و گنجایش کل، معمولاً نوشته‌ی $20^{\circ}C$ نیز دیده می‌شود. این دما نشانگر آن است که ظرف مورد استفاده در $20^{\circ}C$ درجه‌بندی شده است. گنجایش تمام ظرف‌های شیشه‌ای، با تغییر دما، اندکی تغییر می‌کند ؛ بنابراین، حجمی که در روی شیشه نوشته شده فقط در دمای $20^{\circ}C$ درست است. مقدار تغییر گنجایش ظرف در اثر تغییر دما، به‌اندازه‌ی ظرف و جنس شیشه بستگی دارد. برای نمونه یک بالن $100CC$ از جنس سیلیس در اثر بالا رفتن دما از $20^{\circ}C$ تا $27/5^{\circ}C$ تنها ۰/۰۲ حجم آن اضافه می‌شود. شیشه‌هایی از جنس بور و سیلیکات، در اثر حرارت، ضریب انبساط بسیار کمی دارند.

ــ استفاده از بالن پیمانه‌ای برای تهیه‌ی محلول‌های استاندارد: برای تهیه‌ی یک محلول استاندارد ابتدا باید وزن معینی از جسم را با دقت توزین کرد. بدین منظور، نخست، شیشه‌ی ساعت را تمیز، خشک و وزن کنید ؛ سپس جسم موردنظر را در شیشه‌ی ساعت بریزید و آن را مجدداً وزن کنید. تفاوت این دو توزین، بیانگر وزن جسم موردنظر است. اگر جسم موردنظر، در حلال زود حل شود برای تهیه‌ی محلول استاندارد، قیف کوچکی را روی دهانه‌ی بالن پیمانه‌ای بگذارید. جسم جامد را به‌وسیله‌ی قیف به دقت به بالن منتقل کنید. شیشه‌ی ساعت و سپس جدار قیف را با حلال بشویید. دقت کنید که حلال به تمامی در بالن بریزد. اکنون قیف را با حلال بشویید و آن را از روی بالن بردارید. تا دوسوم گنجایش، بالن را با حلال پر کرده به هم بزنید تا محلول یک‌نواخت شود. درصورتی که جسم مورد نظر به سختی در حلال حل شود برای انتقال آن بهتر است که ابتدا در یک بِشِرِ کوچک جسم موردنظر را با مقدار کمی از حلال با کمک هم‌زن حل کنید. هنگامی که جسم حل شد محتویات بِشِرِ را به‌وسیله‌ی قیف به بالن منتقل کنید. بِشِرِ، هم‌زن و قیف را با حلال بشویید و تا دوسوم گنجایش، بالن را با حلال پر کنید و سپس به هم بزنید تا محلول یک‌نواخت شود. در هر دو حالت، سرانجام آن‌قدر حلال اضافه کنید تا قوس پایینی حلال از خط نشانه حدود ۲ سانتی‌متر فاصله داشته باشد. در بالن را ببندید و آن را چندین بار سر و ته کنید تا محلول یک‌نواخت شود ؛ سپس در بالن را بردارید و کمی صبر کنید تا حباب‌های داخل محلول خارج شود. اندکی بعد حلال را

۱ــ To Deliver ۲ــ To Contain

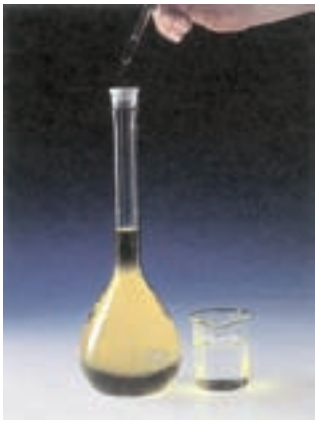
قطره‌قطره به بالن اضافه کنید تا قوس پایین محلول، به خط نشانه‌ی بالن مماس شود. بار دیگر در بالن را ببندید و آن را سر و ته کنید تا محلول یک‌نواخت شود. با این روش، بدون هدر رفتن محلول و بروز خطا، محلول یکنواخت و استاندارد تهیه می‌شود.

۱



۲

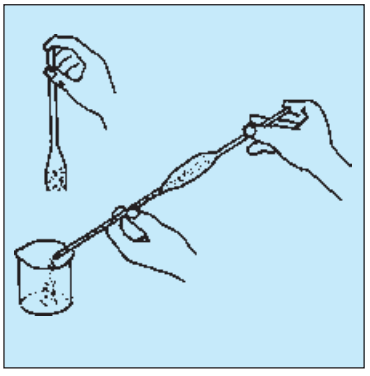
۳



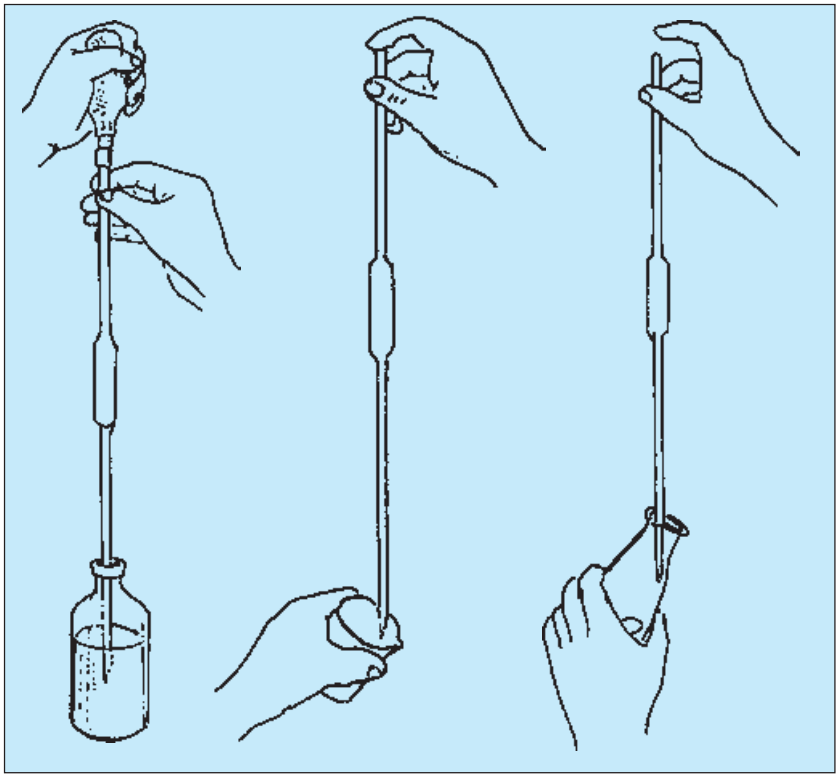
۴

۵

روش تهیه‌ی محلول استاندارد



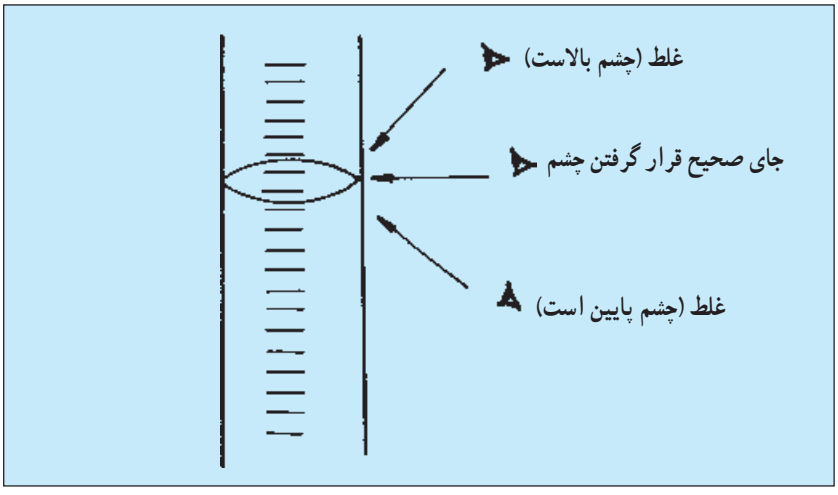
ـــ روش کار با پی‌پت: پی‌پت تمیز و خشک را با کمی از محلول موردنظر پر کنید. پی‌پت را کج (مورب) بگیرید تا همه جای پی‌پت با محلول شسته شود ؛ سپس آن محلول را دور بریزید. برای نگه‌داری و کنترل محلول در پی‌پت از انگشت سبابه استفاده کنید. برای کسب مهارت، لازم است چند بار تمرین کنید. اگر از پی‌پت پرکن استفاده می‌کنید، بلافاصله پی‌پت پرکن را در آورید و انگشت سبابه‌ی خود را به‌جای آن بگذارید. پی‌پت را تا بالاتر از خط نشانه پر کنید و سپس با تکان دادن انگشت سبابه قوس پایین محلول را بر خط نشانه (خط صفر) مماس کنید. پی‌پت را به جدار ارلن یا ظرف موردنظر بچسبانید و صبر کنید تا تمام محلول خارج شود. در شکل صفحه‌ی بعد روش پرکردن و خالی کردن محلول به‌وسیله‌ی پی‌پت نشان داده شده است.

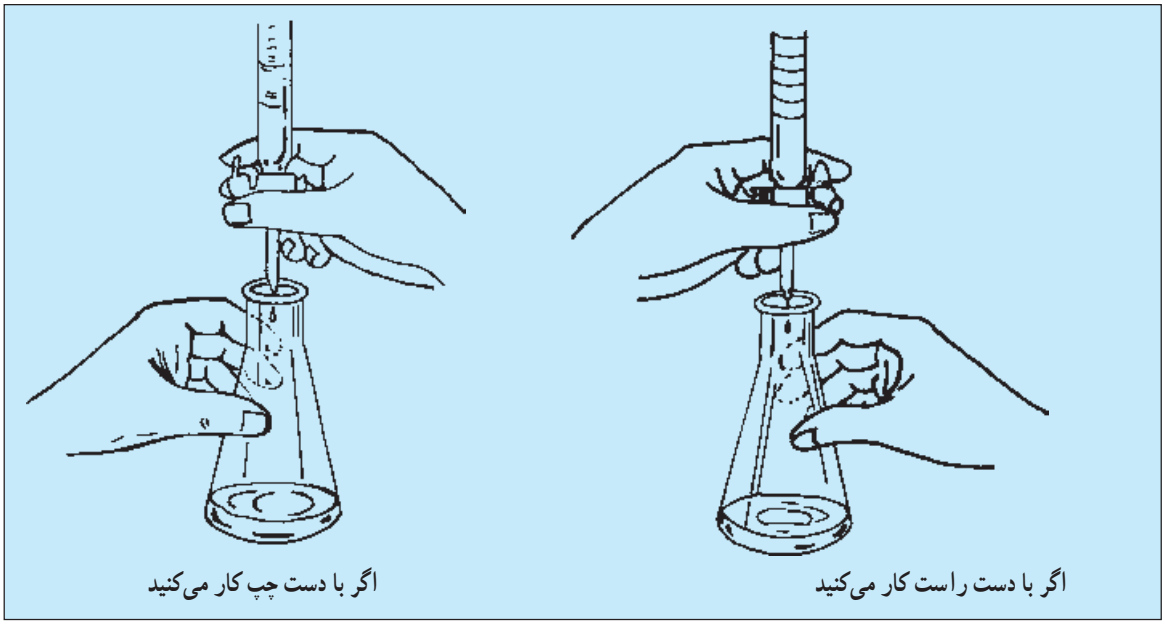


روش کار با پی‌پت

ــ روش کار با بورت: پس از اطمینان حاصل کردن از تمیز بودن بورت، بورت را تا بالای خط صفر (خط نشانه) پر کنید ؛ سپس با باز کردن شیر بورت قوس پایینی محلول را بر خط صفر مماس کنید.

درموقع کار با بورت سعی کنید در هر ثانیه یک قطره محلول از بورت خارج شود و اندکی بعد بورت را بخوانید. روش کار با بورت این است که با دست چپ شیر بورت را بگیرید و به سمت پایین بچرخانید و با دست راست ارلن را زیر بورت بگیرید و هم بزنید (بچرخانید). روش کار با بورت در شکل صفحه‌ی بعد نشان داده شده است :

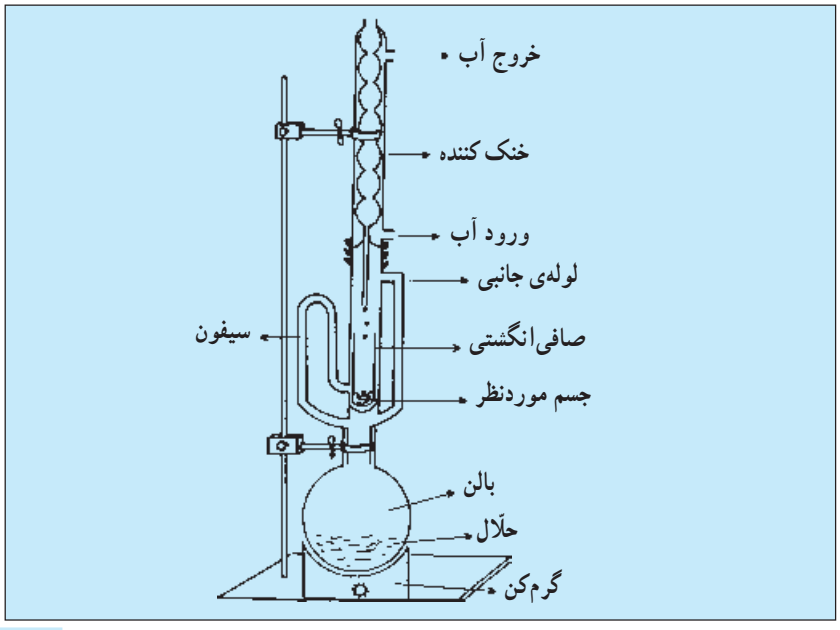




اگر با دست راست کار می‌کنید

اگر با دست چپ کار می‌کنید

ـ **دستگاه سوکسله:** این دستگاه از سه قسمت اصلی تشکیل شده است که عبارت‌اند از : «بالن»، «قسمت استوانه‌ای» و «خنک‌کننده» که هنگام استخراج جامد از مخلوط آن به‌وسیله‌ی حلال مناسب، به‌کار می‌رود. (حلال مناسب را در قسمت بالن دستگاه می‌ریزند و بالن را داخل گرم‌کن قرار می‌دهند.) هنگامی که حلال گرم می‌شود، بخار آن به سوی قسمت استوانه‌ای می‌رود. قسمت استوانه‌ای شامل سیفون، لوله‌ی جانبی و صافی انگشتی است. جسم موردنظر را در داخل صافی انگشتی قرار می‌دهند. خنک کننده‌ی (مبرد) دستگاه به‌طور عمودی روی قسمت استوانه‌ای قرار می‌گیرد. بخارهای حلال درون قسمت استوانه‌ای خنک و به مایع تبدیل می‌شود و به داخل ظرف استوانه‌ای و صافی انگشتی می‌ریزد.



فصل سوم

عملیات ساده‌ی شیشه‌گری

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این قسمت از فراگیر انتظار می‌رود :

۱. جنس و انواع شیشه را بشناسد و طریقه‌ی بریدن، خم‌کردن، کشیدن، خم ۴۵ درجه، و خم ۱۰ درجه را انجام دهد.

۲. درست کردن لوله‌ی مویینه، قطره‌چکان و سایر عملیات شیشه‌گری را انجام دهد.

شیشه در آزمایشگاه شیمی کاربرد زیادی دارد ؛ زیرا بسیاری از وسایل متداول آزمایشگاهی از جنس شیشه است. شیشه انواع مختلفی دارد که در این‌جا با برخی از انواع آن آشنا می‌شوید.

۱. شیشه‌ی معمولی[۱]: این نوع شیشه نرم‌شونده است و به‌آسانی به‌کار می‌رود، اما مقاومت آن در مقابل تأثیر مواد شیمیایی نسبتاً کم است. این شیشه، ضریب انبساط نسبتاً زیادی دارد (تقریباً پانزده بار بزرگ‌تر از شیشه‌ی کوارتز است) و به‌علت مقاومت نسبتاً کم آن در مقابل تغییر دما، این نوع شیشه برای ساخت دستگاه‌های حرارتی، مانند بالن خنک‌کننده و نظایر آن کم‌تر استفاده می‌شود.

۲. شیشه نیای ۲۰[۲]: این شیشه از جنس بور و سیلیکات بوده و مزیت این نوع شیشه نسبت به سایر شیشه‌ها به‌دلیل مقاومت آن در مقابل بازها و اسیدها و به‌علت کم بودن نسبی ضریب انبساط آن است. (این ضریب هشت‌بار بزرگ‌تر از شیشه‌ی کوارتز است) هم‌چنین مقاومت آن در مقابل تغییر دما (تا $190^{\circ}C$ مقاوم است) مشخص می‌شود. به‌همین سبب این نوع شیشه برای ساخت دستگاه‌های حرارتی (مانند بالن تقطیر، خنک‌کننده‌ها، ستون تقطیر و...) ماده‌ی بسیار مناسبی است. این نوع شیشه، گران اما بادوام است.

۳. شیشه نیای رازوترم[۳]: این نوع شیشه تکامل یافته‌ی شیشه نیای ۲۰ است. علاوه‌بر خواص بهتر شیمیایی، دارای ضریب انبساط کوچک‌تری است ؛ به‌طوری که می‌توان از این نوع شیشه دستگاه‌هایی با ضخامت زیاد ساخت که دارای سختی مکانیکی زیادتری باشند. این نوع شیشه، در مقابل تغییر دما تا $250^{\circ}C$ مقاوم است.

۱ــ Thuringer Glass, SODA GLASS ۲ــ Jenaer Gerat glass 20

۳ــ Jenaer Rasotherm Glass

۴. شیشه‌ی پیرکس[۱]: خواص این شیشه مانند شیشه‌ی رازوترم است.

۵. شیشه‌ی سوپرماکس[۲]: منحصراً برای وسایل ویژه‌ی حرارتی مانند لوله‌های پیزومتر[۳] به‌کار می‌رود و تا $680^{\circ}C$ قابل استفاده است. این نوع شیشه نسبتاً شکننده است.

۶. شیشه‌ی دوروباکس[۴]: این نوع شیشه نیز برای ساختن وسایل ویژه‌ی حرارتی به‌کار می‌رود و از شیشه‌ی سوپرماکس در مقابل فشار مقاوم‌تر است.

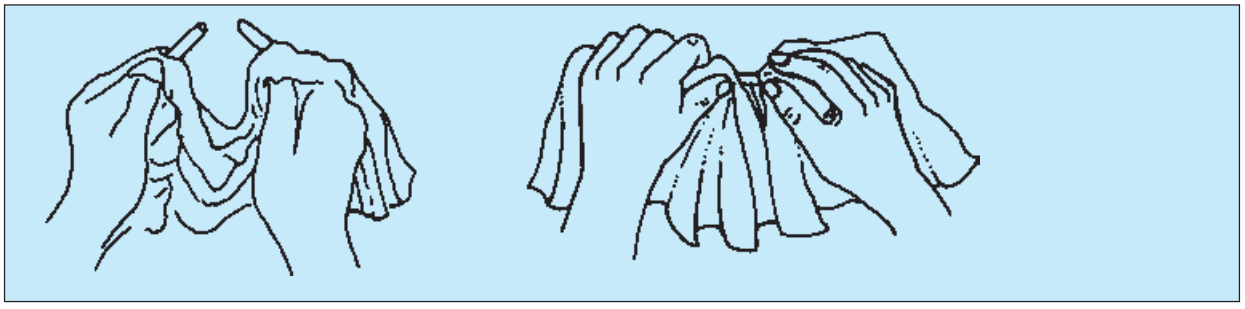
۷. شیشه‌ی کوارتز و کوارتزگوت: این شیشه‌ها دارای بیش‌ترین مقاومت در مقابل دما هستند. شیشه‌ی کوارتز، در بالاترین دما (درجه‌ی نرم شوندگی بالای $1400^{\circ}C$) به‌علت ضریب انبساط بسیار کوچک آن[۵] مقاومت بسیار زیادی در مقابل تغییر دما دارد. شکل دادن شیشه‌های کوارتز بسیار مشکل است ؛ بنابراین، وسایلی که از این نوع شیشه ساخته می‌شوند، گران هستند. این شیشه، در مقابل عبور نور فرابنفش معمولاً نفوذناپذیر است. شیشه کوارتزگوت درواقع، شیشه‌ی کوارتز، کدر شیری رنگی است که از شیشه‌ی کوارتز ارزان‌تر است.

انواع مختلف شیشه‌ها، از تفاوت رنگ محل شکستگی یا محل جوش آن‌ها شناخته می‌شوند. معمولاً نام نوع شیشه روی وسیله‌ی حکاکی (مانند بالن تقطیر)، یا به‌وسیله‌ی نوار رنگی روی شیشه مشخص می‌شود.

۳ــ۱ــ بریدن و خم‌کردن لوله‌های شیشه‌ای

لوله و شیشه‌های نرم را می‌توان به‌راحتی برید. برای این منظور، لوله را روی میز بگذارید و با سوهان سه‌بر یا شیشه‌بر، خراش کوچکی روی شیشه ایجاد کنید. مطابق شکل، لوله را با یک پارچه طوری بگیرید که طرف خراش‌دار لوله به سمت پایین و دو انگشت سبابه بالای خراش باشد ؛ آن‌گاه با احتیاط فشار دهید تا بخش پایینی لوله از محل خراشیدگی جدا شود. لوله‌های شیشه‌ای از محل جدا شده، حالت برندگی دارند. برای صاف کردن آن، نخست به آرامی نوک لوله را به سوهان و یا توری سیمی بکشید ؛ سپس مدت چند دقیقه روی شعله بگیرید و آن‌قدر حرکت دهید و بچرخانید تا لبه‌های لوله کاملاً گِرد شود.

لوله را با سوهان سه‌بَر خراش دهید.



انگشت سبابه‌ی خود را بالای خراش بگذارید.

فشار دهید تا از هم جدا شوند.

۱ــ pyrex Glass

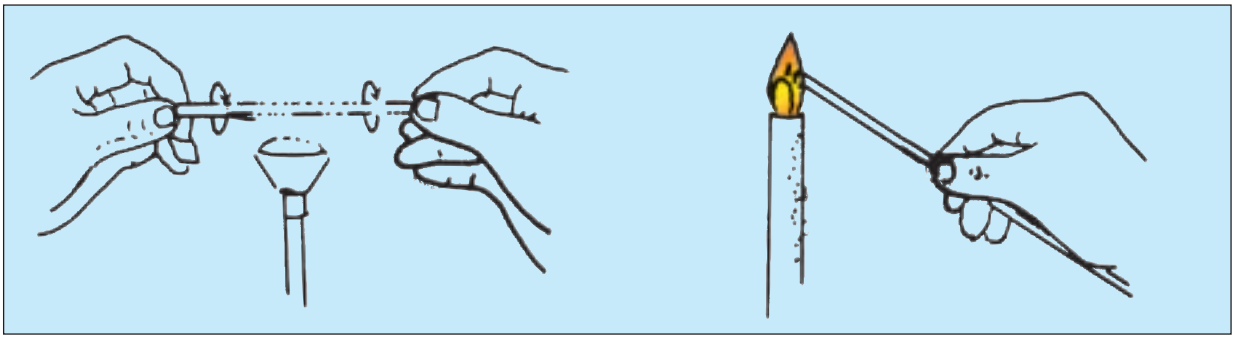
۲ــ Supermax Glass

۳ــ Piezometer

۴ــ Durobax Glass

۵ــ $5/8\times10^{-7}\ cm\times k^{-1}$

برای خم کردن لوله باید نخست حدود ۳ الی ۴ سانتی‌متر از شیشه را به‌طور یک‌نواخت روی شعله، حرارت داد و هنگام حرارت دادن لوله را روی شعله چرخاند تا لوله به اندازه‌ی کافی گرم شود. لوله را آن‌قدر روی چراغ بچرخانید تا نرم شود ؛ سپس آن را از شعله دور کنید و برای چند لحظه صبر کنید تا دمای آن کاملاً یک‌نواخت شود. لوله را به ملایمت به شکل دل‌خواه خم کنید و بگذارید سرد شود.



گرد کردن لوله — لوله را آن‌قدر روی چراغ بچرخانید تا نرم شود.

برای خم کردن از شیشه‌هایی استفاده می‌شود که در اثر حرارت به‌سادگی نرم می‌شوند (تا حدودی ذوب می‌شوند). شیشه‌های جنس بور و سیلیکات را مانند پیرکس که دارای دمای ذوب بالایی هستند، نمی‌توان با شعله‌ی چراغ گاز خم کرد.

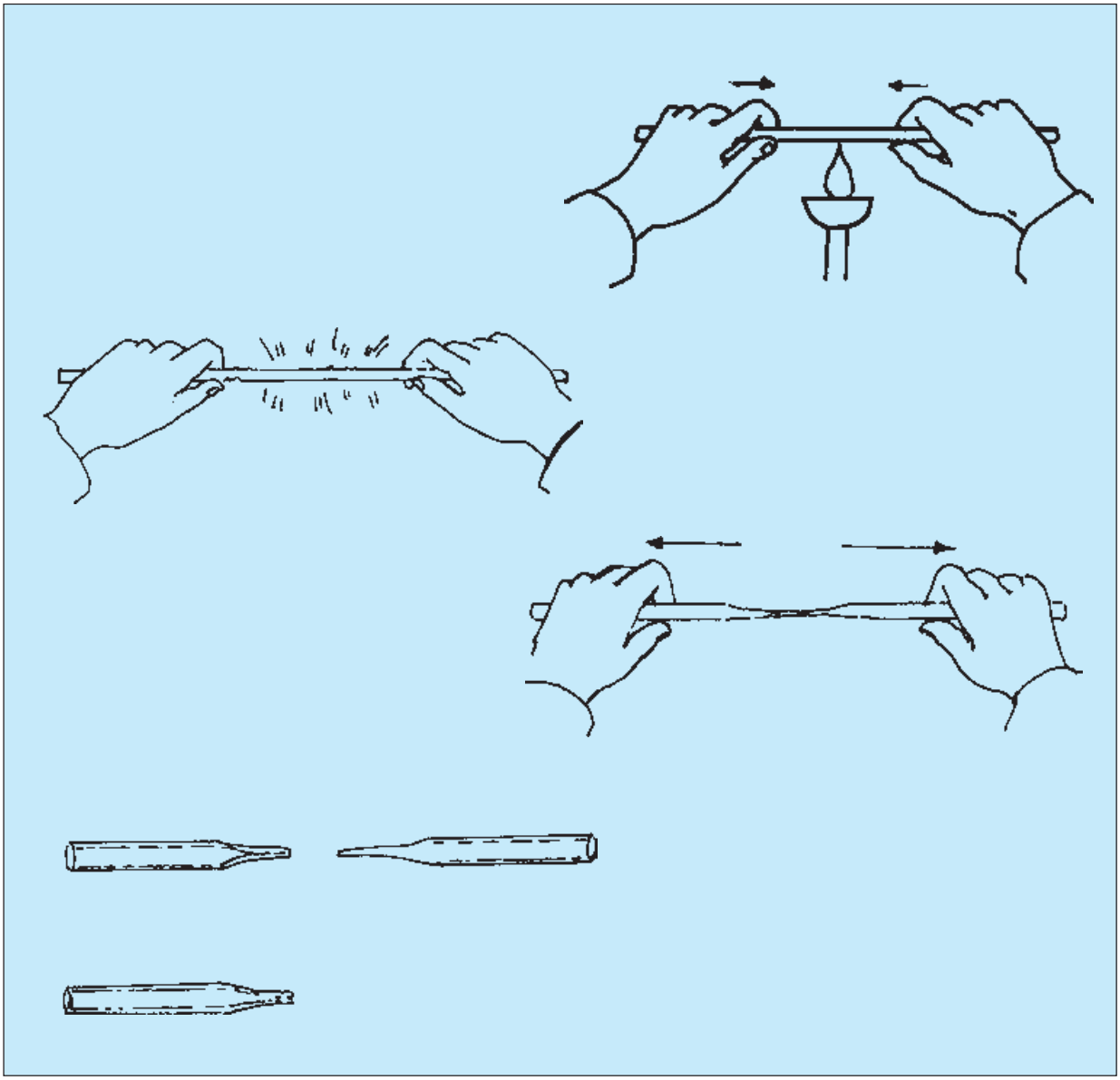
از روی چراغ بردارید و چند لحظه صبر کنید. — لوله را به شکل دلخواه خم کنید.

۳ــ۲ــ طرز ساخت قطره‌چکان

لوله‌ی شیشه‌ای را روی شعله‌ی چراغ بچرخانید تا نرم شود. مطابق شکل صفحه‌ی بعد لوله را کمی فشار دهید تا طول لوله کوتاه‌تر شود و ضخامت جدار لوله تقریباً دو برابر ضخامت اولیه‌ی آن شود ؛ سپس لوله را از شعله دور کنید و آهسته آهسته آن‌قدر بکشید تا قسمت نرم شده به‌اندازه‌ی دل‌خواه نازک شود.

می‌توانید از لوله‌ی داده شده به‌اندازه‌ی دلخواه ببرید و قطره‌چکان موردنظر را بسازید.

برای کسب مهارت بیش‌تر، تعدادی لوله‌ی آزمایش با خم‌های مختلف و چند قطره‌چکان بسازید.



فصل چهارم

آزمایش محلول‌سازی

هدف رفتاری: پس از پایان این آزمایش از فراگیر انتظار می‌رود :

ــ محلول‌ها را تهیه کند و غلظت مولال، نرمال و اکی والان محلول را محاسبه کند.

هدف: تهیه‌ی محلول‌های با غلظت مشخص

ــ واژه‌هایی نظیر «غلیظ» و «رقیق» را تنها برای بیان کیفی غلظت محلول‌ها به‌کار می‌بریم. این واژه‌ها مفهوم نسبی دارند، برای مثال، سولفوریک اسید غلیظ ۹۸٪ وزنی از این اسید دارد ؛ حال آن که هیدروکلریک اسید غلیظ تنها ۳۷٪ وزنی HCl دارد. برای ساختن هر محلول مقادیر حلال و جسم حل شده را برحسب وزن، حجم یا تعداد مول‌ها درنظر می‌گیرند، از این رو، روش‌های مختلفی برای بیان کمی غلظت به‌کار می‌رود.

الف) درصد وزنی یا حجمی: یکی از ساده‌ترین روش‌ها برای بیان غلظت یک محلول برمبنای ترکیب درصد جسم حل شده در محلول است. به‌کار بردن درصد ممکن است برحسب (W) یا حجم (V) باشد. صورت‌های مختلف آن شامل درصد است که آن‌ها را با درصد $\left[\frac{W}{W}\right]$، درصد $\left[\frac{W}{V}\right]$ و یا درصد $\left[\frac{V}{V}\right]$ نمایش می‌دهیم.

$$\text{درصد وزنی } \left(\frac{W}{W}\right) = \frac{\text{وزن ماده‌ی حل شده}}{\text{وزن محلول}} \times ۱۰۰$$

$$\text{درصد حجمی } \left(\frac{V}{V}\right) = \frac{\text{حجم ماده‌ی حل شده}}{\text{حجم محلول}} \times ۱۰۰$$

$$\text{درصد وزنی ــ حجمی } \left(\frac{W}{V}\right) = \frac{\text{وزن ماده‌ی حل شده}}{\text{حجم محلول}} \times ۱۰۰$$

برای مثال ۱۰۰ گرم از محلول $\left[\frac{W}{W}\right]$ ۱۰٪ دارای ۱۰ گرم شکر و ۹۰ گرم آب است. غلظت محلول‌های الکلی اغلب برحسب درصد $\left[\frac{W}{V}\right]$ بیان می‌شود.

ب) مولاریته: مولاریته‌ی یک محلول عبارت است از تعداد مول‌ها یا تعداد مولکول گرم‌های جسم حل شده در یک لیتر از محلول، مولاریته با M مشخص می‌شود. بدین ترتیب، محلول ۶M سولفوریک اسید از انحلال ۶ مول H_2SO_4 (گرم ۵۸۸ = ۹۸×۶) در آب و رساندن حجم کل محلول به یک لیتر تهیه می‌شود. وقتی که محلول مایعی را تهیه می‌کنیم حجم کل محلول تابع دما بوده است. درنتیجه، با تغییر دما، حجم تغییر می‌کند. برای رفع این اشکال محلول را باید در همان دمایی که تهیه شده است مصرف کرد. به‌همین دلیل، محلول‌های با مولاریته‌ی معین را در ظرف‌های مدرّج نظیر بالن حجمی تهیه می‌کنند.

پرسش ۱ــ برای تهیه‌ی ۲۵۰ میلی‌لیتر محلول ۲M نیتریک اسید چه وزنی از نیتریک اسید ۷۰ درصد وزنی $\left[\frac{W}{W}\right]$ باید به‌کار برد.

جواب: وزن مولکولی نیتریک‌اسید برابر با ۶۳ است؛ از این رو ۱۲۶ = ۲×۶۳ گرم نیتریک‌اسید باید در ۱۰۰۰ میلی‌لیتر محلول ۲M موجود باشد. درصد گرم محلول نیتریک‌اسید غلیظ، ۷۰ گرم نیتریک‌اسید خالص موجود است. پس، مقدار نیتریک‌اسید لازم:

$$\left(\frac{\text{۱۰۰ گرم نیتریک‌اسید غلیظ}}{\text{۱۰۰ گرم نیتریک‌اسید}}\right)\times\left(\frac{\text{۱۲۶ گرم نیتریک‌اسید}}{\text{۱۰۰۰ میلی‌لیتر محلول}}\right)\times \text{محلول ۲۵۰ میلی‌لیتر}$$

$$= \text{(نیتریک‌اسید غلیظ) گرم ۴۵}$$

درصورتی که چگالی نیتریک‌اسید غلیظ ۱/۴۲ g/mL باشد، حجم اسید مورد نیاز برابر است با:

میلی‌لیتر نیتریک‌اسید غلیظ ۳۱/۷ = ۱/۴۲ g/mL ÷ گرم نیتریک‌اسید غلیظ ۴۵

پرسش ۲ــ هرگاه چگالی محلول سولفوریک اسید ۲۰٪ $\left[\frac{W}{W}\right]$ برابر ۱/۱۴ گرم بر میلی‌لیتر باشد، مولاریته‌ی آن چه‌قدر است؟

جواب:

$$\text{وزن ۱ لیتر از این اسید} = ۱۰۰۰\,mL \times \frac{۱/۱۴\,g}{۱\,mL} = ۱۱۴۰\,g$$

$$\text{وزن اسید خالص در ۱ لیتر از این اسید} = ۱۱۴۰ \times \frac{۲}{۱۰} = ۲۲۸\,g$$

$$\text{مولاریته‌ی اسید خالص} = \frac{۲۲۸\,g/L}{۹۸\,mol} = ۲/۳۲\,mol/L$$

از این رو محلول سولفوریک اسید دارای غلظت ۲/۳۲M است.

تذکر: برای ترکیبات یونی به‌جای مولکول گرم بهتر است که از اصطلاح فرمول

گرم استفاده شود.

ج) مولالیته: مولالیته‌ی یک محلول، برابر با تعداد مول‌های حل شده‌ی یک جسم در ۱۰۰۰ گرم حلال است و آن را با m نشان می‌دهند. بدین‌ترتیب، محلول یک مولال (۱m) سولفوریک اسید را از اضافه کردن یک مولکول گرم H_2SO_4 (۹۸/۰۸گرم) به ۱۰۰۰ گرم آب تهیه می‌کنند ؛ البته باید توجه داشت که حجم محلول‌های یک مولال از اجسام مختلف با یک‌دیگر متفاوت خواهد بود. مولالیته‌ی یک محلول با تغییر دما تغییر نمی‌کند. درضمن مولالیته‌ی یک محلول خیلی رقیق آبی تقریباً برابر مولاریته‌ی همان محلول است ؛ زیرا ۱۰۰۰ گرم آب، حجمی تقریباً برابر ۱۰۰۰ میلی‌لیتر دارد.

د) نرمالیته: نرمالیته‌ی یک محلول، عبارت است از تعداد اکی والان گرم‌های جسم حل شده در یک لیتر محلول که با N نشان داده می‌شود. یک اکی‌والان گرم از جسم حل شده، برابر با آن مقداری از جسم است که در واکنش موردنظر به تعداد عدد آووگادرو الکترونی که از دست می‌دهد، به‌دست می‌آورد یا به اشتراک می‌گذارد. اکی‌والان گرم یک جسم در واکنش‌های مختلف ممکن است متفاوت باشد :

$$\text{اکی والان گرم‌اسید} = \frac{\text{مولکول‌گرم‌اسید}}{\text{تعداد هیدروژن‌های اسیدی به‌کار رفته در واکنش}}$$

$$\text{اکی والان گرم باز} = \frac{\text{مولکول‌گرم باز}}{\text{تعداد OHهای به‌کار رفته در واکنش}}$$

$$\text{اکی والان گرم نمک} = \frac{\text{مولکول‌گرم نمک}}{\text{مجموع ظرفیت‌های فلزی در نمک}}$$

$$\text{اکی والان گرم} = \frac{\text{مولکول گرم}}{\text{عدد اکسایش کل کاتیون‌ها}} = \frac{\text{مولکول‌گرم}}{\text{عدد اکسایش کل آنیون‌ها}}$$

برای مثال اکی‌والان گرم سولفوریک اسید در واکنش‌های خنثی کردن، برابر با نصف مولکول گرم آن است ؛ بنابراین می‌توان گفت که یک مول سولفوریک‌اسید برابر دو اکی‌والان گرم سولفوریک‌اسید است و درنتیجه محلول ۱M سولفوریک‌اسید یک محلول دو نرمال (۲N) است. هم‌چنین، نرمالیته‌ی یک محلول NaOH که برای واکنش‌های خنثی کردن به‌کار می‌رود با مولاریته‌ی آن یکسان است، زیرا اکی‌والان گرم NaOH با مولکول گرم آن برابر است. نرمالیته‌ی یک محلول، همواره مضرب ساده و صحیحی (عدد یک نیز می‌تواند باشد) از مولاریته‌ی آن محلول است. با توجه به این که نرمالیته‌ی یک محلول بر پایه‌ی حجم کلی آن محلول است، روش تهیه‌ی محلول‌های نرمال نیز مشابه روش تهیه‌ی

محلول‌های مولار است و همانند آن‌ها، نرمالیته‌ی محلول با تغییر دما، اندکی تغییر می‌کند.

تهیه‌ی محلول با غلظت مشخص با استفاده از اسید غلیظ آزمایشگاه: برای تهیه‌ی محلولی با غلظت مشخص (مانند محلول نرمال) از یک اسید غلیظ (مانند هیدروکلریک‌اسید) لازم است که چگالی (d) و درصد وزنی آن اسید را که روی برچسب شیشه‌ی اسید نوشته شده است در اختیار داشته باشیم. (برای هیدروکلریک‌اسید تجارتی : $d = ۱/۱۹ g/mL$ است و ۳۷٪ وزنی HCl دارد.) در یک میلی‌لیتر محلول اسید $\frac{d(g/mL) \times a(\text{درصد وزنی})}{۱۰۰}$ گرم اسید خالص وجود دارد ؛ بنابراین، یک لیتر از محلول اسید شامل $a \times d \times ۱۰$ گرم اسید خالص است. با توجه به‌رابطه‌ی غلظت، $C = E \times N$ ، که در آن N نرمالیته و E اکی‌والان گرم است، نرمالیته‌ی محلول اسید از این رابطه به‌دست می‌آید :

$$N = \frac{۱۰ \times d \times a}{E} = \frac{۱۰ \times d \times a \times n}{M}$$

در مورد هیدروکلریک‌اسید تجارتی با مشخصات بالا، نرمالیته‌ی آن به این صورت محاسبه می‌شود.

$$N = \frac{۱۰ \times ۱/۱۹ \times ۳۷ \times ۱}{۳۶/۵} = ۱۲/۰۶ \quad (\text{درصد وزنی})$$

حال اگر خواسته باشیم ۲۵۰ میلی‌لیتر محلول نرمال هیدروکلریک‌اسید تهیه کنیم با استفاده از این رابطه مقدار اسید لازم را محاسبه می‌کنیم :

$$N_۱V_۱ = N_۲V_۲$$

$$۱۲/۰۶ \times V_۱ = ۱ \times ۲۵۰$$

$$V_۱ = ۲۰/۷۳ mL$$

این حجم اسید را به‌وسیله‌ی پی‌پت در یک بالن حجمی ۲۵۰ میلی‌لیتری می‌ریزیم که حاوی مقدار کمی آب مقطر است ؛ سپس با آب مقطر تا خط نشانه به حجم می‌رسانیم. ضمن اضافه کردن آب، بالن را پی‌درپی تکان می‌دهیم تا محلول به‌صورت یک نواخت درآید. بعد از به حجم رساندن محلول، قطره‌های آب موجود در گردن بالن را با کاغذ صافی خشک می‌کنیم. توجه داشته باشید که در سنجش‌های حجمی دقیق، لازم است که نرمالیته‌ی محلول ساخته شده در مقابل یک واکنشگر استاندارد، مانند سدیم کربنات به‌دقت کنترل شود.

تمرین: برای تهیه‌ی ۲۵۰ میلی‌لیتر محلول ۰/۱ نرمال هیدروکلریک‌اسید چه حجمی از محلول نرمال باید انتخاب کنیم؟ با استفاده از حجم به‌دست آمده ۲۵۰ میلی‌لیتر محلول هیدروکلریک‌اسید ۰/۱ نرمال تهیه کنید.

محلول سود نرمال: ۱۳ گرم سود جامد را با سرعت روی یک شیشه‌ی ساعت تمیز وزن و آن را به یک بِشِر تمیز که کمی آب مقطر در خود دارد منتقل کنید. ۵۰میلی‌لیتر

آب به آن اضافه کنید و محلول را تکان دهید تا سود کاملاً حل شود. پس از خنک شدن محلول، یک استوانه‌ی مدرّج ۱۰ میلی‌لیتری وزن شده را از محلول سودی که تهیه کرده‌اید پر کنید و آن را دوباره وزن نمایید. از اختلاف این دو وزن، وزن محلول سود را به‌دست آورید و چگالی محلول سود را محاسبه کنید. از روی چگالی محاسبه شده، درصد NaOH را از روی جدول (۴ــ۱) پیدا کنید. با استفاده از رابطه‌ی نرمالیته در آزمایش قبل، حجم محلول سود لازم را برای تهیه‌ی ۲۵۰ میلی‌لیتر سود نرمال محاسبه و با رعایت نکات لازم، محلول سود نرمال را تهیه کنید.

تهیه‌ی محلول سود ۰/۱ نرمال: با استفاده از دستور روش کار ۳، محلول سود ۰/۱ نرمال بسازید.

جدول (۴ــ۱) چگالی و درصد سود

درصد سود	چگالی	درصد سود	چگالی
۱۹/۶۵	۱/۲۲۰	۰/۵۹	۱/۰۷
۲۱/۵۵	۱/۲۴۱	۱/۲۰	۱/۰۱۴
۲۳/۵۰	۱/۲۶۳	۲/۵۰	۱/۰۲۹
۲۵/۵۰	۱/۲۸۵	۲/۷۹	۱/۰۴۵
۲۷/۶۵	۱/۳۰۳	۵/۲۰	۱/۰۶۰
۲۰/۰	۱/۳۳۱	۶/۵۸	۱۰/۷۵
۳۲/۵	۱/۳۵۷	۸/۰۷	۱۰/۹۱
۳۵/۵	۱/۳۸۳	۹/۵۰	۱/۱۰۸
۳۷/۶۵	۱/۴۱۰	۱۱/۰۶	۱/۱۲۵
۴۰/۲۷	۱/۴۲۸	۱۲/۳۵	۱/۱۴۲
۴۳/۵۵۵	۱/۴۶۸	۱۴/۳۵	۱/۶۲
۴۶/۷۳	۱/۴۹۸	۱۶/۰۰	۱/۱۸۰
۵۰/۱۰	۱/۵۳۰	۱۷/۸۱	۱/۲۰۰

تهیه‌ی محلول‌های نرمال اسیدها، بازها و نمک‌ها

وسایل لازم: بِشِر، بالن حجمی، قیف، پی‌پت ۲۵mL، شیشه‌ی ساعت

مواد لازم: هیدروکلریک‌اسید غلیظ، سدیم هیدروکسید، سدیم کربنات.

۱ــ طرز تهیه‌ی محلول حدود ۰/۱ نرمال هیدروکلریک اسید

ابتدا لازم است محاسبه کنیم که چه مقدار هیدروکلریک‌اسید غلیظ برای تهیه‌ی یک لیتر محلول اسید ۰/۱ نرمال لازم است. برای این‌منظور از داده‌های چاپ شده روی برچسب شیشه‌ی هیدروکلریک‌اسید غلیظ تجارتی، یعنی درصد وزنی و چگالی اسید، استفاده می‌شود. چگالی هیدروکلریک‌اسید غلیظ ۳۷٪ برابر ۱/۱۹ گرم بر میلی‌لیتر

است ؛ یعنی، هر میلی‌لیتر آن ۱/۱۹ گرم وزن دارد. حال برای تعیین حجم هیدروکلریک‌اسید غلیظ لازم برای تهیه‌ی یک لیتر محلول هیدروکلریک‌اسید ۰/۱ نرمال که شامل ۰/۱ اکی‌والان‌اسید خالص باشد، به این ترتیب عمل می‌کنیم :

یک لیتر محلول هیدروکلریک‌اسید یک نرمال، حاوی ۳۶/۵ گرم یا یک اکی‌والان گرم HCl است و چون یک میلی‌لیتر هیدروکلریک‌اسید ۳۷٪ با چگالی ۱/۱۹ g/mL دارای ۰/۴۴ = ۰/۳۷ × ۱/۱۹ گرم HCl است، بنابراین حجم هیدروکلریک‌اسید غلیظ لازم که شامل ۳۶/۵ گرم HCl باشد، برابر $\frac{۳۶/۵}{۰/۴۴} = ۸۳mL$ است ؛ از این رو، برای تهیه‌ی محلول ۰/۱ نرمال هیدروکلریک‌اسید باید ۸/۳mL از اسید غلیظ برداشت.

۸/۳mL هیدروکلریک‌اسید غلیظ را با یک استوانه‌ی مدرّج اندازه بگیرید و داخل یک بالن حجمی یک لیتری که تا $\frac{۱}{۳}$ حجم آن آب مقطر است، بریزید و به‌هم بزنید و بقیه‌ی حجم آن را تا خط نشانه از آب مقطر پر کنید، سپس بالن حجمی را خوب تکان دهید تا محلول کاملاً یک‌نواخت شود. بدین‌ترتیب، محلول هیدروکلریک‌اسید تقریباً ۰/۱ نرمال تهیه می‌شود، اما چون این نرمالیته تقریبی است، باید به‌وسیله‌ی محلول یک باز با نرمالیته‌ی معلوم، نرمالیته‌ی دقیق آن را به دست آورید. در آزمایش‌های بعدی روش کار گفته خواهد شد.

۲ــ طرز تهیه‌ی محلول حدود ۰/۱ نرمال سدیم هیدروکسید

یک لیتر محلول سدیم هیدروکسید ۰/۱ نرمال دارای ۴ گرم NaOH است. برای تهیه‌ی محلول ۰/۱ نرمال ۴ گرم سدیم هیدروکسید را در شیشه‌ی ساعت وزن کنید و آن را به‌وسیله‌ی آب مقطری که قبلاً جوشانده‌اید و گاز کربن دی‌اکسید حل شده در آن را خارج کرده‌اید به بالن حجمی یک لیتری منتقل کنید. حال بالن را تکان دهید تا سدیم‌هیدروکسید کاملاً حل شود ؛ آن‌گاه بالن را تا خط نشانه از آب مقطر جوشیده پر کنید. بعد از تکان دادن مجدد بالن، محلول سدیم هیدروکسید حاصل در حدود ۰/۱ نرمال است که باید به‌وسیله‌ی یک محلول اسید با عیار معلوم (نرمالیته‌ی معلوم)، نرمالیته‌ی دقیق آن تعیین شود.

۳ــ طرز تهیه‌ی محلول ۰/۰۱ نرمال سدیم کربنات

در آزمایشگاه می‌توان محلول سدیم کربنات دقیقاً ۰/۰۱ نرمال تهیه کرد و آن را برای تعیین نرمالیته‌ی دقیق اسیدها به‌کار برد. چون وزن فرمولی سدیم کربنات ۱۰۶ گرم است، اکی‌والان گرم آن $\frac{۱۰۶}{۲} = ۵۳$ گرم است ؛ بنابراین، برای تهیه‌ی یک لیتر محلول ۰/۰۱ نرمال سدیم کربنات، ۰/۵۳ گرم سدیم کربنات را در شیشه‌ی ساعت دقیقاً وزن کنید. آن را به‌وسیله‌ی آب مقطر به بالن حجمی یک لیتری منتقل کنید و تا خط نشانه

آب مقطر بریزید ؛ بعد بالن را خوب تکان دهید تا محلول کاملاً یک‌نواخت شود. محلول حاصل، محلول ۰/۰۱ نرمال سدیم کربنات است که می‌توان به‌وسیله‌ی آن نرمالیته‌ی دقیق اسیدها را به‌دست آورد.

اگر نتوانستید دقیقاً ۰/۵۳ گرم سدیم کربنات وزن کنید و به‌جای آن مثلاً ۰/۵۳۶ گرم سدیم کربنات وزن کردید، برای تعیین نرمالیته‌ی محلول سدیم کربنات از رابطه‌ی $N = \frac{C}{E}$ استفاده کنید که در آن N نرمالیته‌ی محلول، C غلظت و E اکی‌والان گرم نمک است.

بنابراین : $N = \frac{۰/۵۳۶}{۵۳} = ۰/۰۱۰۱۱$

پس نرمالیته‌ی دقیق محلول سدیم کربنات ۰/۰۱۰۱۱ است.

تذکر: درصورت متبلور بودن نمک جامد، تعداد مولکول‌های آب تبلور نیز در محاسبه منظور شود.

جدول (۴ــ۲) راه‌های مختلف بیان غلظت محلول‌ها

صورت بیان غلظت	نشانه‌گذاری	اساس
درصد	٪	(W/W W/V₁ V/W V/V₁)
مولاریته	M	تعداد مول‌های جسم حل شده در یک لیتر از محلول
نرمالیته	N	تعداد اکی‌والان گرم‌های جسم حل شده در یک لیتر از محلول
مولالیته	m	تعداد مول‌های جسم حل شده در ۱۰۰۰ گرم حلال

پرسش‌ها

۱. تعداد اکی‌والان گرم‌های موجود در یک لیتر محلول چه نام دارد؟

۲. روی برچسب سولفوریک‌اسید آزمایشگاه این مشخصات نوشته شده است :

۹۵٪ اسید، $d = ۱/۸۴ g/mL$

تعداد اکی‌والان گرم‌های موجود در ۱۰۰ میلی‌لیتر از این محلول و نرمالیته‌ی آن را تعیین کنید.

۳. حجم اسید غلیظ لازم را برای تهیه‌ی این محلول‌ها محاسبه کنید :

الف ــ ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول نرمال نیتریک اسید $d = ۱/۱۸$ $a = ٪۴۰$

ب ــ ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول ۲ مولار هیدروکلریک‌اسید $d = ۱/۱۸$ $a = ٪۳۶$

ج ــ ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول دسی نرمال هیدروکلریک‌اسید $d = ۱/۱$ $a = ٪۳۰$

۴. ۲۰ گرم سود در حجم ۲۵۰ میلی‌لیتر محلول موجود است. مولاریته این محلول را محاسبه کنید. در صورتیکه همین مقدار سود در ۲۵۰ میلی‌لیتر آب حل شود، مولالیته محلول را تعیین کنید.