

GENERAL CHEMISTRY

دانشگاه آزاد اسلامی



دستور کار آزمایشگاه شیمی عمومی

تهیه و تنظیم :

محمد رضا عابدی

فهرست:

جلسه اول) آشنایی با مقررات کلی و وسایل آزمایشگاهی

جلسه دوم) محلول سازی

جلسه سوم) توضیحات مربوط به تیتراسیون

جلسه چهارم) تیتراسیون اسید و باز

جلسه پنجم) تیتراسیون تشکیل رسوب

جلسه ششم) تیتراسیون تشکیل کمپلکس

جلسه هفتم) تیتراسیون اکسایش احیا

جلسه هشتم) تعیین جرم ملکولی با استفاده از نزول نقطه انجماد

جلسه نهم) کاتیون شناسی

جلسه دهم) گرمای واکنش

جلسه یازدهم) تعیین دانسیته و ویسکوزیته

آنچه باید قبل از ورود به آزمایشگاه بدانید

- ۱- سر ساعت مقرر باید به آزمایشگاه وارد شوید و چون برای هر جلسه آزمایش وقت لازم (۳ ساعت) در نظر گرفته شده است، سعی کنید در پایان وقت هر جلسه آزمایشها تمام شوند.
- ۲- پوشیدن روپوش سفید و رعایت نکات ایمنی با توجه به آزمایش مورد نظر الزامی است.
- ۳- در ابتدای شروع هر آزمایش یک امتحان کتبی به مدت کوتاهی از آزمایشهای آن جلسه و تئوری و روش کار به عمل می‌آید. لذا عدم شرکت در این امتحان و به عبارت دیگر غیبت در جلسه آزمایشگاه به منزله نمره صفر می‌باشد.
- ۴- رعایت نظافت در آزمایشگاه در حین کار الزامی است. بنابر این از ریختن کاغذ پاره و سایر اشیا بر روی میز و زمین خودداری شود و در موقع ترک آزمایشگاه باید میز خود را کاملاً تمیز کرده و وسایل و شیشه‌های محتوی مواد سر جای خود قرار داده شوند. نظم در آزمایشگاه هم باعث راحتی خود شما می‌شود و هم باعث راحتی مربی شما می‌شود که در هر صورت به نفع شما خواهد بود.
- ۵- تمام مسائل و اشکالات مربوط به کار خود را با مربی آزمایشگاه در میان گذاشته و هرگز بدون اجازه ایشان از آزمایشگاه خارج نشوید و یا کار اضافی دیگری انجام ندهید.
- ۶- از مواد شیمیایی به اندازه مورد احتیاج بردارید و هیچگاه باقیمانده مواد شیمیایی استفاده شده را به ظرف اصلی باز نگردانید.
- ۷- دانشجویان بصورت گروه سه نفری کار می‌کنند و قبل از خروج از آزمایشگاه لازم است گزارش کار خود را شامل نوع آزمایش، شماره مجهول و مقدار گونه شیمیایی مورد تجزیه را به مربی تحویل دهند.
- ۸- نمره آزمایشگاه مجموعه‌ای با درصدهای مختلف از نمره کتبی هر جلسه، نمره امتحان کتبی آخر ترم، گزارش نتایج نمونه مجهول، طرز کار کردن، چگونگی رفتار در آزمایشگاه و بالاخره نظم و رعایت نکات ایمنی است.

نکات ایمنی که باید در آزمایشگاه رعایت گردد

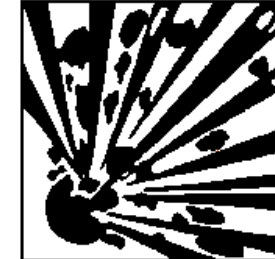
نظر به اینکه در تمام طول مدت آزمایش سلامتی شما بستگی به طرز کار و رعایت نکات ایمنی آزمایشگاه دارد، لذا سعی شود از انجام کارهای غیرمجاز خودداری گردد و به نکات ایمنی که در زیر به آنها اشاره می‌شود توجه گردد، تا از بروز حوادث و خطرات احتمالی جلوگیری گردد.

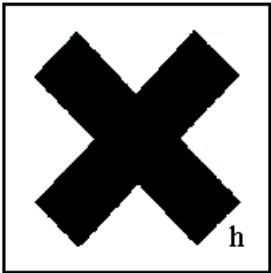
- ۱- در آزمایشگاه برای محافظت لباسهای خود از مواد شیمیایی در موقع کار همیشه روپوش سفید آزمایشگاه را به تن داشته باشید.
- ۲- هر ماده شیمیایی باید سمی تلقی شود، مگر اینکه کاملاً معلوم شود که سمی نیست. بنابر این در کاربرد موادی که در هر آزمایش با آنها سروکار دارید باید نهایت دقت را به کار ببرید. از تماس مستقیم با پوست و از تنفس بخار مواد شیمیایی و چشیدن آنها خودداری کنید.
- ۳- قبل از استفاده از مواد شیمیایی، برچسب روی آنها را به دقت بخوانید. سهل انگاری در این مورد گاهی ممکن است فاجعه به بار آورد.
- ۴- تنها آزمایشی را که به شما گفته شده و در دستور کار هست، انجام دهید. هرگز آزمایش غیرمجاز انجام ندهید.
- ۵- در هنگام حرارت دادن لوله آزمایش و یا مایعات دیگر، سر لوله را به طرف خود و همکارانتان نگیرید، زیرا ممکن است در حین گرم کردن محتوای لوله به بیرون پرتاب شود و خطراتی را به بار آورد.
- ۶- آزمایشهایی که تولید مواد و یا بخارات و گازهای سمی می‌نمایند، باید در زیر هود انجام شود. این عمل باعث جلوگیری از پخش گاز و سموم در آزمایشگاه می‌شود.
- ۷- از روشن کردن چراغ بونزن یا چراغ الکلی در مجاورت مواد نفتی، بنزن، حلالهای آزمایشگاهی و سایر مواد آتشگیر احتراز کنید.
- ۸- هر گاه اسید یا باز و یا هر ماده شیمیایی خورنده‌ای بر روی میز کار یا زمین ریخته شود؛ فوراً آن را با آب بشویید.

۹- کلیه حوادثی را که اتفاق می افتد فوراً به مربی آزمایشگاه، حتی اگر جزئی هم باشد، گزارش دهید.



علامتهای هشدار دهنده

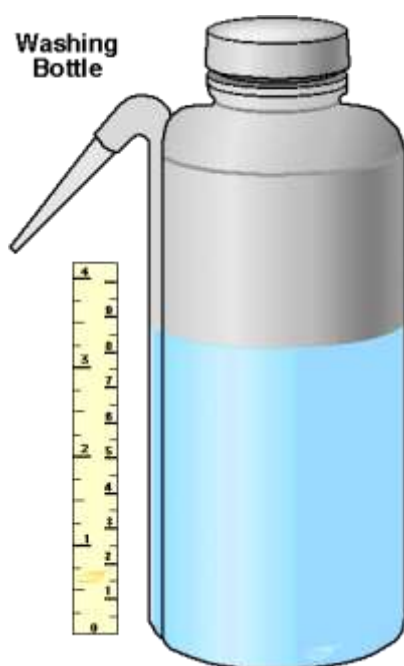
موارد احتیاط: بخارات آنها را استنشاق نکنید و از ایجاد تماس با پوست، چشمها و لباسها خودداری شود.	مواد خورنده مثالها: اسید سولفوریک برم (آب برم)	
موارد احتیاط: از تماس با هوا خودداری شود.	مواد شدیداً قابل اشتعال مثالها: الکلهای آلومینیوم فسفر	
موارد احتیاط: از هرگونه تماس با مواد قابل اشتعال خودداری شود.	مواد اکسید کننده مثالها: پرمنگنات پتاسیم پراکسد سدیم	
موارد احتیاط: مطلقاً از تماس، استنشاق و خوردن آنها خودداری شود.	مواد سمی مثالها: اکسید آرسنیک (III) کلرید جیوه (II)	
موارد احتیاط: از وارد آوردن ضربه، اصطکاک و ایجاد جرقه و حرارت دادن خودداری شود.	مواد قابل انفجار مثالها: دی کرومات آمونیوم	

مواد احتیاط: از تماس، استنشاق و خوردن آنها خودداری شود.	مواد زیان آور مثالها: پیریدین تری کلرو اتیلن	
مواد احتیاط: بخارات آنها را استنشاق نکنید و از ایجاد تماس با پوست، چشمها و لباسها خودداری شود. این مواد پوست، چشمها و اندام تنفسی را مورد تهاجم قرار می دهند.	مواد تحریک کننده مثالها: محلول آمونیاک بنزین کلرید	

آشنایی با برخی از لوازم آزمایشگاهی و طریقه صحیح استفاده از آنها

بجاست که با نام و مشخصات برخی از ابزارهای ساده آزمایشگاهی که برای انجام دادن آزمایشها به کار می روند آشنا شوید. متداولترین این ابزارها و کاربرد آنها عبارتند از:

۱) آفشان (پیست)

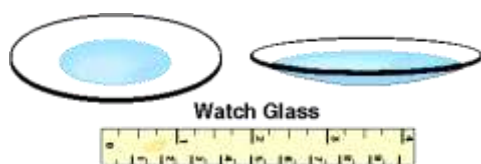


آفشان رایجترین وسیله آزمایشگاه است که با فشار دادن به بدنه ظرف پلاستیکی به کمک دست؛ آب از لوله باریک بیرون می ریزد.

کاربرد: برای نگهداری آب مقطر و افزودن آب مقطر در هنگام محلولسازی، رقیق کردن محلولها و در شستن ظروف آزمایشگاهی و رسوبها استفاده می شود.

از آفشان می توان برای به حجم رساندن محلول هایی که در بالن حجمی یا استوانه مدرج قرار دارند استفاده کرد. در مواقع ضروری می توان مواد شیمیایی دیگری (مثل الکل و یا استون) را در آفشان ریخت؛ سپس ماده را از آفشان به ظرف مورد نظر منتقل کرد.

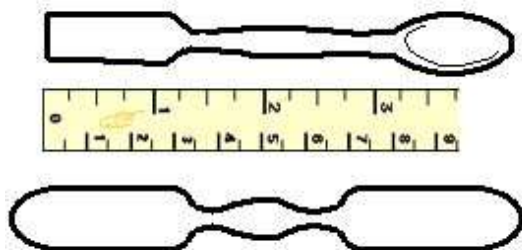
۲) شیشه ساعت



شیشه ساعت ابزاری شیشه‌ای است و همانطور که از نامش پیداست شبیه شیشه ساعت است و در اندازه‌های مختلف ساخته می‌شود.

کاربرد: از شیشه ساعت برای تبخیر سریع مایعها و محلولها استفاده می‌شود. ضمناً آن را روی بشر می‌گذارند تا مواد شیمیایی در هوا محفوظ بماند و یا بخارات به خارج منتشر نشود. در آزمایشگاه برای توزین مواد جامد از این وسیله استفاده می‌شود.

۳) اسپاتول



ابزاری چینی یا فلزی است که دارای دو قسمت دسته و تیغه است که قسمت تیغه کمی پهن‌تر است.

کاربرد: از اسپاتول برای نرم کردن مواد جامد و برداشتن آن استفاده می‌شود.

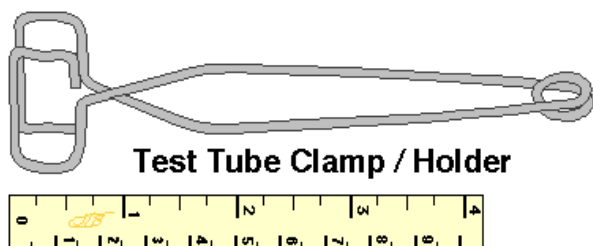
۴) لوله آزمایش



لوله آزمایش ساده‌ترین و معمولی‌ترین وسیله آزمایشگاهی است که در اندازه‌های مختلف از شیشه ساخته می‌شود.

کاربرد: برای مشاهده واکنشها و تشکیل رسوب و همچنین برای حرارت دادن ملایم محلول‌ها و برای تهیه مقدار کم از محلول‌ها و نگهداری محلول‌های کم حجم

۵) گیره لوله آزمایش

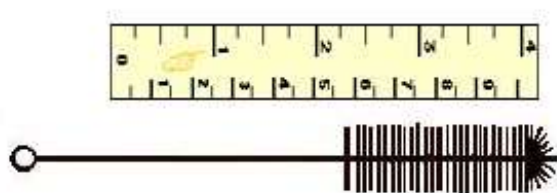


از چوب یا فلز ساخته می‌شود و از آن برای نگهداشتن لوله آزمایش بویژه برای گرما دادن استفاده می‌شود.

۶) برس لوله (لوله شوی)

لوله‌شوی برس کوچکی از الیاف سنتزی مقاوم یا موی متصل به یک دسته فلزی است.

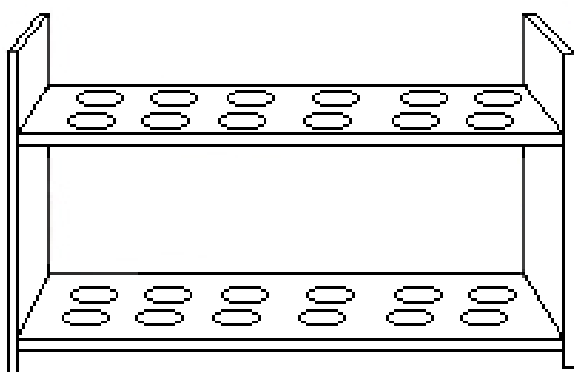
کاربرد: برای شستن و تمیز کردن جدار داخلی لوله آزمایش بکار می‌رود.



۷) جا لوله‌ای

جالوله ممکن است از چوب؛ فلز؛ و یا مواد پلاستیکی درست شده باشد. برخی از مواد بویژه اسیدها و بازها بر آنها اثر می‌کنند و باید مواظب بود تا این گونه مواد شیمیایی بر روی جا لوله‌ها ریخته نشود و آنها را خراب نکند.

کاربرد: برای قرار دادن و نگهداری لوله‌های آزمایش به کار می‌رود.



هنگام کار با لوله آزمایش به موارد زیر توجه شود:

۱) پیش از هر کاری باید ابزار شیشه‌ای را شست، آب کشید و خشک کرد. برای شستن لوله آزمایش از برس مخصوص لوله آزمایش استفاده می‌شود. در لوله باید کمی آب ریخت و برس را داخل لوله کرده بصورت دورانی آن را حرکت داد. تا همه جای لوله شسته شود (هرگز نباید برس را بصورت عمودی در لوله آزمایش بالا و پایین برد زیرا این عمل باعث شکستن ته لوله می‌شود). پس از شستن لوله آزمایش باید آن را چند بار با آب معمولی کر داد (منظور از کر دادن این است که کمی از محلول مورد نظر را در ظرف ریخته و با آن همه جای ظرف را خیس کرده سپس آن را دور ریخت). پس از کر دادن سطح خارجی لوله را باید با دستمال تمیز خشک کرد. برای خشک کردن سطح داخلی لوله هرگز نباید از دستمال یا کاغذ استفاده کرد زیرا این کار خود سبب آلوده شدن لوله خواهد شد. در صورت لزوم باید داخل لوله را با گرما دادن

خشک کرد. برای این کار لوله را باید با گیره مخصوص لوله گرفت و لوله را روی شعله چراغ گاز حرارت داد تا لوله کاملاً خشک شود. لوله خشک شده را باید مدتی در جا لوله‌ای قرار داد تا سرد و قابل استفاده شود.

(۲) لوله آزمایش را همواره باید در جا لوله قرار داد و نگهداری کرد و از گذاشتن و رها کردن آن بر روی میز آزمایشگاه و یا جاهای دیگر خودداری شود.

(۳) ماده‌ای که در داخل لوله ریخته می‌شود نباید از یک سوم آن بیشتر باشد.

(۴) هنگام حرارت دادن لوله آزمایش، دهانه لوله را طوری باید گرفت که به طرف سر و صورت خود یا دیگران نباشد.

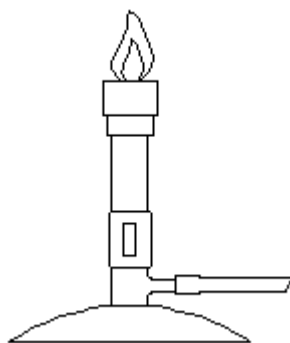
(۵) لوله محتوی مایع را هنگام گرم کردن باید به طور مایل نگاه داشت و به آهستگی مرتباً روی شعله گاز حرکت داد.

۸) چراغ بونزن

چراغ گاز آزمایشگاه از سه قسمت مجزا درست شده است:

(۱) پایه (۲) لوله (۳) دریچه تنظیم هوا

روش روشن کردن چراغ بونزن:



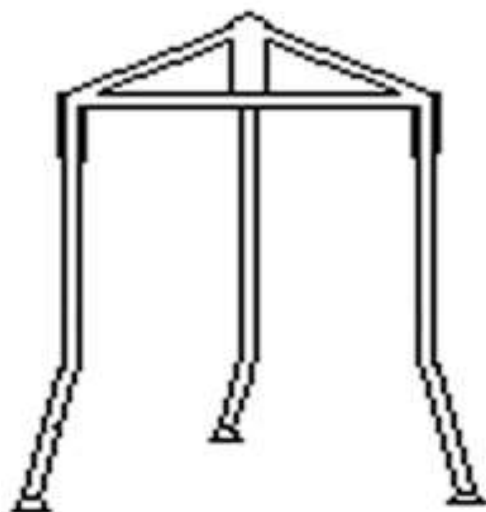
برای روشن کردن چراغ ابتدا دریچه تنظیم هوا را بسته و کبریت را روشن کرده و بر بالای لوله هواکش بگیرید. بی‌درنگ شیر گاز را باز کنید تا چراغ روشن شود. در این حالت به علت کمبود هوا و سوختن ناقص، شعله حاصل زرد رنگ است و دوده ایجاد می‌کند و اگر ظرف شیشه‌ای را بالای آن بگیرید سیاه می‌شود. برای آنکه شعله آبی و حرارت زیاد ایجاد شود دریچه هوا را آهسته باز کنید.

برحسب تنظیم هوا مقدار اکسیژن لازم برای سوختن گاز آزمایشگاهی (بوتان) متفاوت بوده و در نتیجه حالات زیر ممکن می‌شود:

۱- اگر دریچه تنظیم هوا کاملاً بسته باشد گاز بوتان با مقدار بسیار کم اکسیژن سوخته و دوده تشکیل می‌شود.

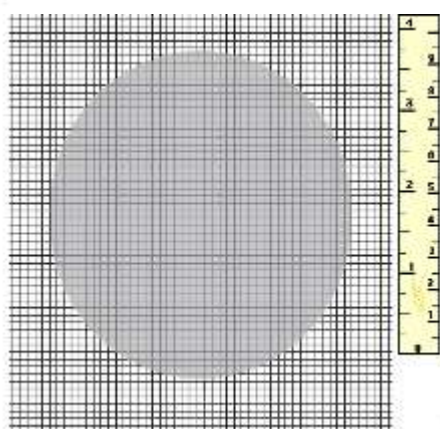
- ۲- چنانچه دریچه تنظیم هوا نیمه باز باشد، گاز اکسیژن کافی نبوده و سوختن بوتان منجر به تشکیل گاز سمی مونو کسید کربن (CO) می‌شود. رنگ شعله در این حالت زرد است.
- ۳- هنگامی که دریچه کاملاً باز باشد، احتراق کامل انجام شده و گاز دی اکسید کربن (CO_2) حاصل می‌شود. رنگ شعله در این حالت آبی است.

۹) سه پایه



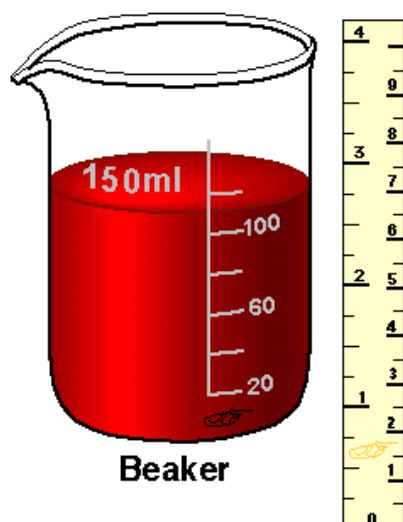
وسیله ای است فلزی که برای نگه داشتن وسایل و گرم کردن آنها در بالای شعله چراغ گاز آزمایشگاه بکار می‌رود. چراغ بونزن زیر آن قرار گرفته و روی آن توری نسوز قرار می‌گیرد؛ و ظرفی که می‌خواهیم به آن گرما دهیم را روی توری می‌گذاریم.

توری نسوز



Wire Gauze

ابزاری است فلزی که از سیم بافته شده است و درون آن کاغذ نسوز بکار رفته است. از توری نسوز بخاطر این استفاده می‌شود که گرمای شعله پخش شود و به آرامی به ظرف برسد تا باعث شکستن ظرف نشود.



۱۰) بشر

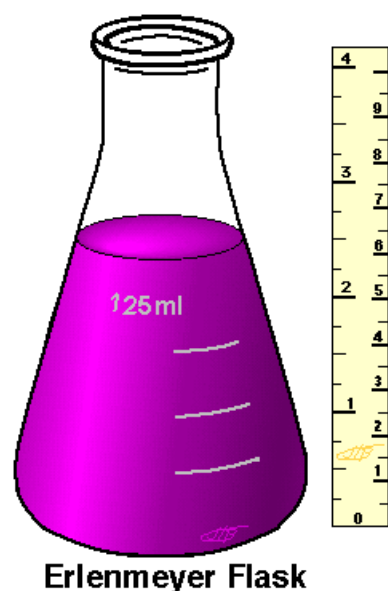
بشر وسیله استوانه‌ای شکلی است که در اندازه‌های مختلف از شیشه و یا پلاستیک ساخته می‌شود. بشر ممکن است ساده یا مدرج باشد.

کاربرد: برای گرم کردن محلول‌ها؛ تهیه محلول‌ها؛ حل کردن مواد؛ انتقال محلول‌ها؛ رسوب‌گیری و غیره استفاده می‌شود.

از انواع مدرج آن می‌توان برای برداشتن حجم معین و یا تعیین حجم محلول‌ها و یا مایع‌ها (البته بطور تقریبی) استفاده کرد. از بشرهای کوچک برای پر کردن بورت و استوانه مدرج استفاده می‌شود.

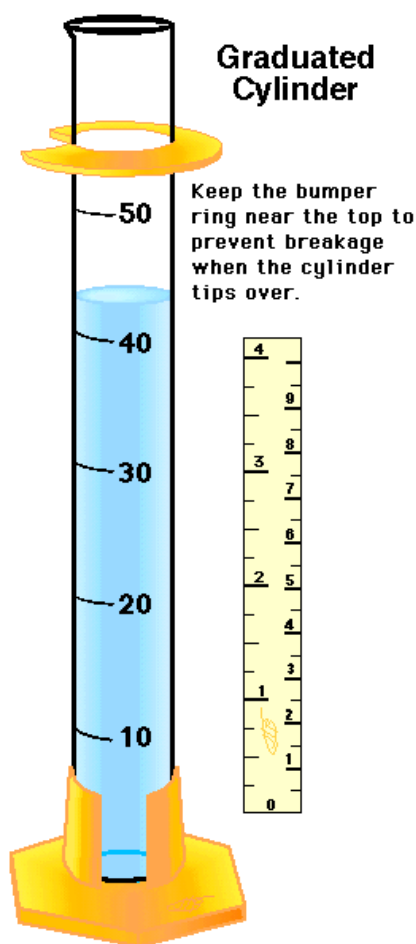
مانند لوله آزمایش، سطح داخلی بشر را باید با برس لوله شست و آب کشید و سطح بیرونی آن را با دستمال تمیز خشک کرد.

۱۱) ارلن



ارلن یا ارلن مایر ظرف مخروطی شکلی است که در اندازه‌های متفاوت درست می‌شود و قسمت بالای آن باریک‌تر و اندکی برگشته و قیفی شکل است؛ بدینوسیله هم می‌توان از ریختن مایع به بیرون جلوگیری کرد و هم می‌توان مایع را به داخل آن آسان‌تر ریخت.

کاربرد: از ارلن مدرج برای برداشتن حجم معینی از مایع یا تعیین تقریبی حجم مایع استفاده می‌شود. اما نوع ساده آن برای استفاده از کارهای گوناگونی مانند گرم کردن مایع‌ها است. کاربرد دیگر ارلن در سنجش‌های حجمی (تیتراسیون) است.



Graduated Cylinder

۱۲) استوانه مدرج (مزور)

لوله شیشه‌ای استوانه‌ای شکل؛ مشابه لوله آزمایش است که عموماً دارای پایه پهن شیشه‌ای است. تفاوت درجه‌بندی آن با بورت و پیپت در این است که درجه‌های کوچکتر آن در پایین قرار دارد.

کاربرد: برای برداشتن حجم معین محلول‌ها؛ تعیین حجم مایعات و محلول‌ها، برای تعیین حجم مواد جامدی که شکل هندسی معینی ندارند! البته نباید در مایع حل شوند و تعیین چگالی مواد جامد (با کمک ترازو). میزان دقت آن از ارلن و بشر مدرج بیشتر، اما از بورت و پیپت مدرج کمتر است.

طرز کاربرد استوانه مدرج:

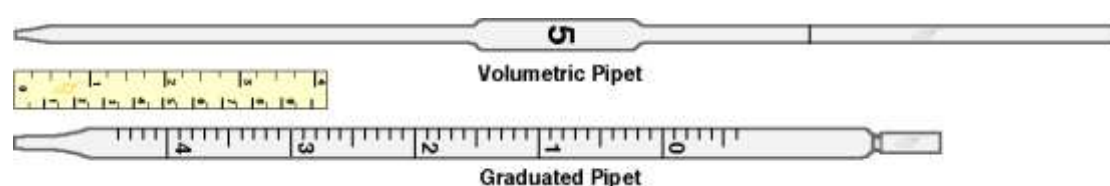
استوانه مدرج را نیز باید شست، آب کشید، و خشک کرد. شستن استوانه مدرج نیز همانند لوله آزمایش با لوله شوی (برس لوله) انجام می‌گیرد. در صورت تمیز نشدن با آب معمولی باید آن را با آب صابون شست. حد شستن تا زمانی است که قطره مایع دیگر به جداره ظرف نچسبد. پس از شستن باید با دستمال تمیز بیرون آن را خشک کرد.

استوانه مدرج را باید در جای مطمئنی روی میز گذاشت که در اثر برخورد دست به زمین نیافتد. برای خواندن درجات مزور و یا هر ظرف مدرج دیگر باید آن را بر روی سطح افقی قرار داد و مطابق شکل بطور عمودی به درجات نگاه کرد. برای مایعات تر کننده باید درجه مربوط به قسمت فرو رفتگی مایع خوانده شود. ترتیب درجه‌بندی استوانه مدرج برعکس بورت و پیپت است.

۱۳) پیپت

از آن برای برداشتن حجم معینی از مایع استفاده می‌شود. معمولاً دو نوع پیپت در آزمایشگاه به کار می‌رود: یکی حبابدار و دیگری ساده (مدرج)

پیپت حبابدار در قسمت وسط دارای مخزنی است که گنجایش پیپت روی آن ثبت شده است. در بالای حباب در قسمت باریک یک خط نشانه وجود دارد که باید پیپت را تا این خط نشانه پر کرد. این نوع پیپت مقدار معینی (حجم پیپت) از مایع را انتقال می‌دهد.



نوع دیگر آن که به صورت لوله باریک و درجه‌بندی شده است به نام “پیپت مدرج” معروف است. صفر آن در بالا و ماکزیمم حجم آن در پایین نوشته شده و مقدار دلخواه از مایع را می‌توان با آن برداشت.

کاربرد: زمانی از پیپت حبابدار استفاده می‌شود که بخواهیم حجم معینی از یک مایع را یک جا برداریم. اما با پیپت مدرج هر مقدار از مایع را می‌توان برداشت.

پیپت را هم باید ابتدا شست، سپس آب کشید و بالاخره سطح خارجی آن را با دستمال تمیز خشک کرد (خشک کردن سطوح ظرفهای مدرج به این منظور است که خواندن درجه آنها دقیق‌تر و آسان‌تر باشد).

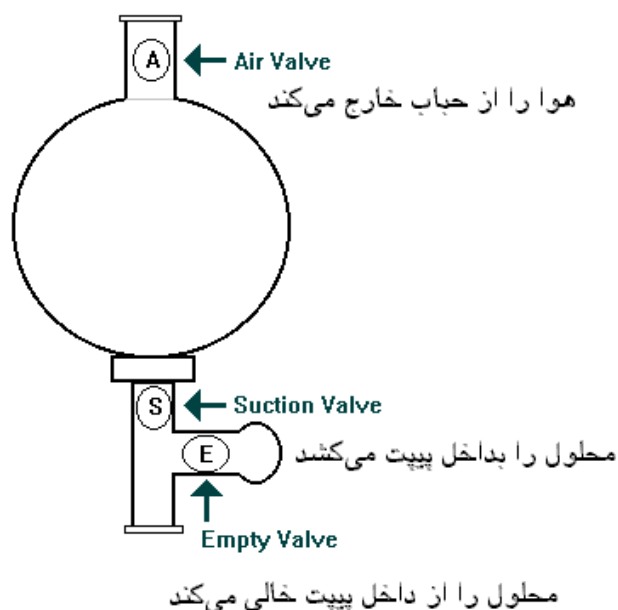
برای شستن پیپت باید آن را زیر شیر آب قرار داد تا با عبور آب از داخل پیپت خوب شسته شود. پس از شستن باید بیرون پیپت را با دستمال خشک کرد. در این حال نباید قطره های آب در سطح داخلی آن دیده شود. در غیر این صورت باید داخل پیپت را با آب و صابون چندین دفعه شست. حد شستن تا زمانی است که دیگر قطره مایع در سطح داخلی پیپت مشاهده نشود (علت چسبیدن قطره، چرب بودن جداره ظرف است). طبق معمول پس از شستن باید سطح بیرونی پیپت را با دستمال تمیز خشک کرد.

طرز کار کردن با پیپت:

برای برداشتن مایعات غیرسمی (مثل محلول‌های رقیق اسیدی و یا بازی) با عمل مکیدن مایع را بداخل کشانده تا مقدار کمی از خط نشانه و یا صفر بگذرد سپس سریعاً با انگشت سبابه دهانه پیپت را گرفته و از مایع بیرون آورید. انگشت را کمی شل کرده تا سطح مایع مقابل نشانه یا صفر قرار گیرد. باید دقت کرد که اولاً انتهای پیپت کاملاً در پایین ظرف محتوی محلول قرار داشته باشد تا در موقع مکیدن هوا وارد پیپت نشود و ثانیاً مایع مکیده شده هیچگاه وارد دهان نگردد. سپس پیپت را به ظرف مورد نظر انتقال داده و انگشت را برداشته تا مایع خارج شود. پس از خالی شدن، پیپت را بطور عمودی نگه دارید و نوک آن را حدود ۳۰ ثانیه به دیواره ظرف و بالاتر از سطح محلول تماس دهید تا اگر قطره‌ای در جداره پیپت مانده از آن خارج شود. مقدار مایعی که پس از طی زمان در نوک پیپت می‌ماند اضافه بر حجم آن است و نباید بوسیله دمیدن در ظرف وارد کرد. برای برداشتن مایعات سمی می‌توان از وسیله‌ای لاستیکی بنام پوآر (پیپت پرکن) که بر روی پیپت نصب می‌شود استفاده کرد.

تذکر ۱: باید دقت شود که قسمت انتهایی وسایلی مثل پیپت و بورت شکسته نشود زیرا در این صورت از دقت این وسایل کاسته می‌شود.

تذکر ۲: برای خواندن درجه‌های کلیه وسایل (بورت، پیپت، استوانه مدرج و ...) باید بطور عمودی به آنها نگاه کرد.



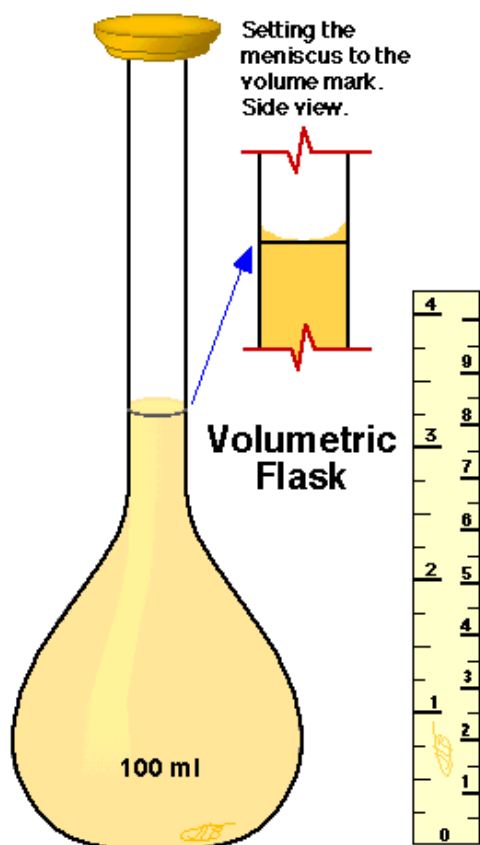
۱۴) پیپت پرکن (پوآر)

برای پر کردن پیپت استفاده می‌شود.

طرز کار کردن با پوآر:

برای برداشتن مایعات سمی و خطرناک و یا مایعات نامشخص توسط پیپت از این وسیله استفاده می‌شود. ابتدا دکمه A و حباب را همزمان فشار دهید تا هوای داخل حباب خالی شود. سپس پیپت تمیز را از قسمت پائین پوآر و مقدار کم وارد پوآر کنید.

پیپت را وارد محلول مورد نظر کنید و سپس دکمه S را فشار دهید این عمل باعث می‌شود تا با عمل مکیدن مایع بداخل پیپت کشانده شود. این عمل را ادامه دهید تا محلول مقدار کمی از خط نشانه و یا صفر بگذرد سپس پیپت را از مایع بیرون آورید. دکمه E را فشار دهید تا سطح مایع مقابل نشانه یا صفر قرار گیرد. باید دقت کرد که اولاً انتهای پیپت کاملاً در پایین ظرف محتوی محلول قرار داشته باشد تا در موقع مکیدن هوا وارد پیپت نشود و ثانیاً مایع مکیده شده هیچگاه وارد پوآر نگردد. سپس پیپت را به ظرف مورد نظر انتقال داده و دکمه E را فشار دهید تا مایع خارج شود. پس از خالی شدن، پیپت را بطور عمودی نگه دارید و نوک آن را حدود ۳۰ ثانیه به دیواره ظرف و بالاتر از سطح محلول تماس دهید تا اگر قطره‌ای در جداره پیپت مانده از آن خارج شود. مقدار مایعی که پس از طی زمان در نوک پیپت می‌ماند اضافه بر حجم آن است و نباید بوسیله دمیدن در ظرف وارد کرد.



۱۵) بالن حجمی (بالن ژوزه)

بالن حجمی؛ ظرفی شیشه‌ای با گردن باریک و دراز است که بر روی آن خط نشانه حلقوی وجود دارد. گنجایش بالن حجمی با عددی که بر روی آن نوشته شده است مشخص می‌شود که حد آن همان خط نشانه است.

کاربرد: بالن حجمی معمولاً برای دو منظور به کار می‌رود: یکی برای رقیق کردن محلول با غلظت معین؛ دیگری برای تهیه محلولها با غلظت مشخص. بالن مجهز به در شیشه‌ای یا پلاستیکی است که برای حفاظت محلول از گرد و غبار و نیز در بهمزدن و یکنواخت کردن محلول بکار می‌رود.

برای شستن بالن حجمی باید کمی آب معمولی در آن ریخت و در پوش آن را گذاشت سپس چند بار محلول را بشدت تکان داد. (با انگشت شست باید در بالن را نگه داشت). سپس محلول را دور ریخت. این عمل را باید چند بار انجام داد. پس از شستن با آب معمولی یک بار هم با آب مقطر باید شست.

استفاده از بالن ژوزه

از بالن ژوزه برای ساختن یک محلول با غلظت معین استفاده می‌شود. برای این کار وزن دقیقی از ماده شیمیایی درون بالن ژوزه ریخته می‌شود. در صورت مایع بودن ماده مورد نظر، حجم کاملاً مشخصی از آن را توسط پیپت مدرج برداشته و داخل بالن ژوزه می‌ریزند. سپس تا حدود نصف بالن، حلال روی نمونه ریخته شده و آنقدر تکان داده می‌شود تا نمونه کاملاً حل گردد حال آنقدر آب مقطر به بالن اضافه می‌شود تا ابتدای گردن بالن پر شود، سپس درب بالن ژوزه را که کاملاً تمیز شده و با آب مقطر شسته شده است روی آن قرار داده و بالن را وارونه می‌کنیم تا کاملاً مخلوط شود. اگر محلول بدون به همزدن تا علامت نشانه به حجم رسانده شود و سپس تکان داده شود، گاهی اوقات امکان دارد که بر اثر انقباض یا انبساط

محلول، سطح آن درست در برابر علامت نشانه قرار نگیرد، در حالی که به همزدن محلول قبل از به حجم رساندن آن از این اتفاق جلوگیری می‌کند. در مرحله نهایی می‌توان توسط یک پیپت که خوب عمل می‌کند، یا توسط یک پیست آب مقطر را قطره قطره وارد بالن نمود و قبل از آنکه محلول دقیقاً به حجم برسد باید صبر کرد تا آب چسبیده به دیواره ظرف پایین بیاید، آن وقت محلول شیمیایی مورد نظر با غلظت معین بدست می‌آید که می‌توان با نصب برچسب بر روی بالن آن را مشخص کرد.

تذکر: باید سعی کرد که بالن ژوژه همواره در دمای اطاق نگهداری شود. دماهای بسیار زیاد یا بسیار کم باعث تغییر حجم بالن ژوژه می‌شوند و در نتیجه اندازه‌گیری حجم محلول درون آن با خطا توأم می‌شود.

۱۶) بورت

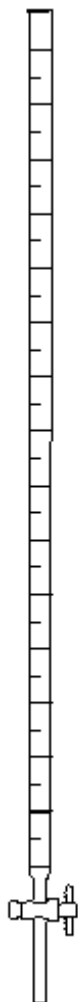
بورت وسیله‌ای شیشه‌ای به صورت لوله دراز و باریک است که در انتهای زیری آن محلی برای خارج شدن محلول وجود دارد. برای تنظیم بورت از شیر پایین بورت استفاده می‌شود.

کاربرد: بورت در سنجشهای حجمی استفاده می‌شود؛ درون آن محلولی که دارای غلظت معین است می‌ریزند.

استفاده از بورت

بورت را هم مانند سایر ابزار شیشه‌ای باید شست، آب کشید و خشک کرد. برای شستن بورت باید آنرا به کمک گیره مخصوص بورت به میله پایه‌ای بست و در زیر آن ارلنی گذاشت. سپس با آبفشان کم کم در بورت آب ریخت و آن را خالی کرد. ضمن این عمل باید سعی کرد که آب ریخته شده همه جای سطح داخلی بورت را بشوید و نیز باید صبر کرد تا آب ریخته شده کاملاً از بورت خارج شود سپس از نو آب ریخته شود.

سپس بورت را باید دو تا سه مرتبه و هر بار با ۵ میلی‌لیتر از محلول شستشو داد و هر بار صبر کرد تا محلول کاملاً از آن خارج شود. سپس به آهستگی آن را تا بالاتر از علامت صفر از محلول مورد نظر پر کرد. بعد یک بشر زیر آن قرار داده و شیر آن کمی باز شود، تا



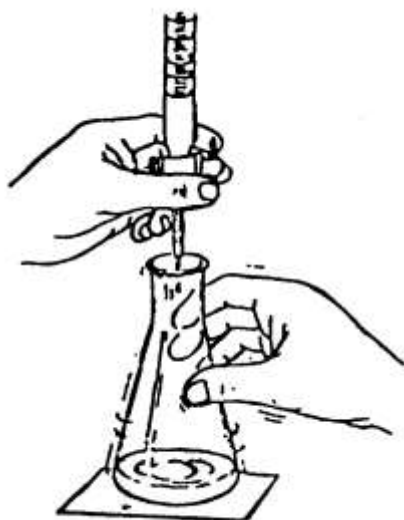
هوای محبوس در نوک آن خارج شده و سطح محلول تا آنجایی که امکان دارد، دقیقاً در مقابل اولین درجهٔ بورت پایین بیاید. حال ارلن‌مایر محتوی محلولی را که هدف اندازه‌گیری آن است، زیر بورت قرار داده و تیتراکننده قطره قطره از بورت به آن اضافه می‌شود.

در طی عمل تیتراسیون، محلول تیتراکننده نباید به سرعت از بورت خارج شود، زیرا علاوه بر آنکه امکان دارد از نقطه پایانی گذشت، خطای خواندن در نقطه انتهایی نیز بیشتر می‌گردد. معمولاً سرعت خروج محلول بورت نباید بیشتر از ۱۰ میلی‌لیتر در دقیقه باشد و محلول نباید به صورت قطرات سریع خارج شود.

برای تیتراسیون یک محلول آن را به درون یک ارلن‌مایر می‌ریزند و با افزایش محلول با غلظت معلوم از بورت آن را اندازه‌گیری می‌کنند. محلولی که از بورت به درون ارلن‌مایر می‌افتد نباید در یک محل جمع شود، بلکه در طول مدت تیتراسیون محلول باید بهم زده شود تا قطرات کاملاً در تمام نقاط آن پخش شوند. نوک بورت نباید از ارلن‌مایر خیلی فاصله داشته باشد، به طوری که پس از افتادن به اطراف پخش شود.

بعد از هر تیتراسیون محلول باقیمانده در بورت باید دور ریخته شود، سپس بورت ابتدا با آب و بعد با آب مقطر شسته شده و در حالی که شیر آن در حالت باز می‌باشد، به طور وارونه به گیره بسته می‌شود.

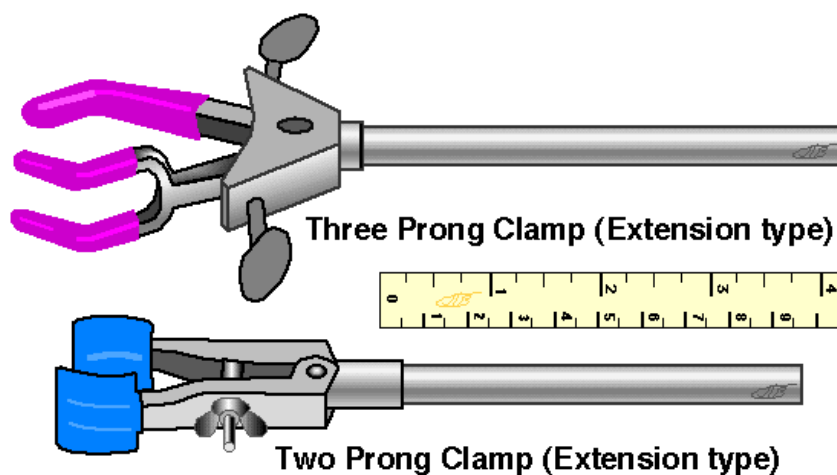
توجه شود که محلول نباید به مدت طولانی، به خصوص اگر قلیایی باشد در بورت بماند، زیرا در این صورت شیر آن بسته شده و باز کردن آن مشکل می‌باشد و چه بسا باعث شکسته شدن بورت گردد.



نکته: برای خواندن درجه‌های بورت ابتدا یک کاغذ کدر را در پشت قسمتی از بورت که سطح مایع در آن قرار دارد می‌گذاریم تا درجه‌های بورت به آسانی قابل خواندن باشد و سپس بطور عمودی درجه منطبق با سطح پایینی محلول را می‌خوانیم.

طرز استفاده صحیح از بورت مطابق شکل ۸ است. با گرفتن شیر بورت با شست و دو انگشت دیگر خود خروج قطرات محلول را از بورت تنظیم کنید.

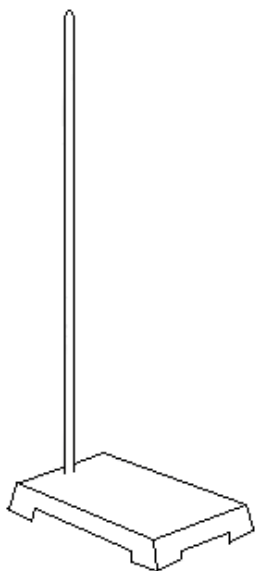
۱۷) گیره بورت

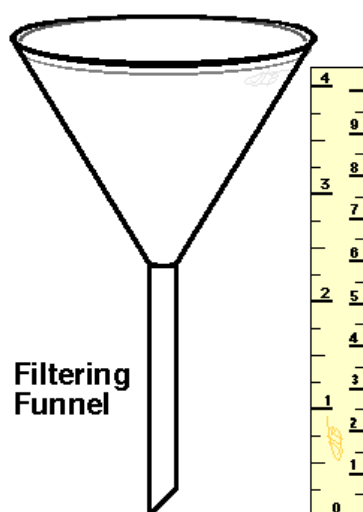


نوعی گیره فلزی است که یک طرف آن دارای یک شاخک است که به پایه بورت وصل می شود و طرف دیگر آن می تواند شاخه بورت را دربر گیرد و به کمک پیچی آن را محکم به طور قائم نگهدارد.

میله با پایه فلزی

برای نگهداشتن وسایلی مانند بورت؛ بالن؛ و غیره و اغلب برای سوار کردن دستگاه های مختلف به کمک گیره بکار می رود.



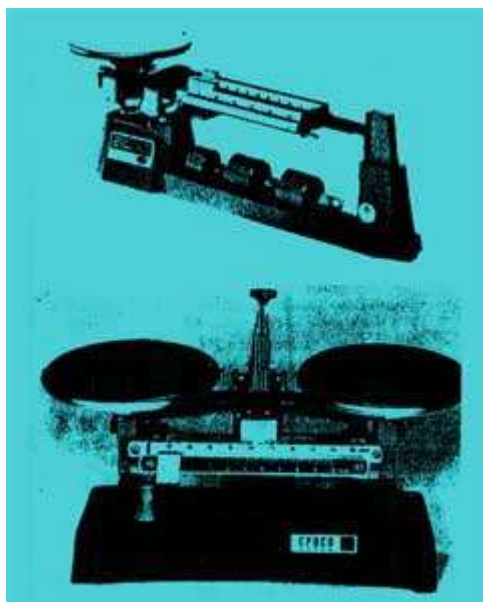


۱۸) قیف شیشه‌ای

قیف شیشه‌ای؛ ابزار مخروطی شکلی است که در قسمت پایین آن لوله باریک و بلندی قرار دارد. نوک این لوله مورب است. کاربرد: از قیف برای انتقال محلول از ظرفی به ظرف دیگر استفاده می‌شود. از قیف برای جدا کردن مایع از جامد نیز می‌توان استفاده کرد.

۱۹) هود آزمایشگاهی:

اتاقکی است در آزمایشگاه شیمی که هنگام کار کردن با موادی که بخارات سمی دارند از آن استفاده می‌شود. این اتاقک دارای هواکشی است که بخارات سمی را به فضای بیرون از آزمایشگاه منتقل می‌کند.



۲۰) ترازو

ابزاری است که با آن جرم مواد را اندازه می‌گیرند و انواع مختلفی در آزمایشگاه موجود است. مانند: ترازوی دوکفه‌ای، ترازوی سه اهرمی، ترازوی دیجیتال (ترازوی الکترونیکی) و...

از ترازوی دیجیتال برای توزین مواد با دقت زیاد استفاده می‌شود.

قبل از شروع به کار توزین، باید دقت شود که ترازو تراز باشد، زیرا در غیراین صورت نتیجه توزین با خطا همراه می‌باشد. در صورتی که ترازو تراز نباشد، می‌توان با چرخاندن

پایه‌های ترازو آن را تراز کرد. سپس کلید مربوط به روشن و خاموش کردن ترازو در موقعیت روشن قرار داده می‌شود ترازو باید عدد صفر را نشان دهد.

سپس یک تکه کاغذ مخصوص توزین یا ظرف توزین (شیشه ساعت و یا بشر کوچک) را روی ترازو قرار داده و دکمه Rezero را فشار دهید تا ترازو صفر را نشان دهد. آنگاه نمونه را توسط اسپاتول روی کاغذ یا ظرف توزین بریزید و وزن آن را یادداشت کنید.

در هنگام استفاده از ترازو به نکات زیر توجه کنید:

- ابتدا باید ترازو را تنظیم کرد و سپس عمل توزین را انجام داد.
- هیچگاه مواد را مستقیماً در داخل کفه های ترازو نگذارید. برای این منظور از کاغذ یا شیشه ساعت یا بشر استفاده کنید.
- هیچگاه ظروف را در حالت داغ و حتی گرم وزن ننمایید چون جریان هوای ایجاد شده باعث خطا می‌گردد.
- قبل از توزین، داخل ترازو باید کاملاً تمیز باشد.
- برای هر تغییر در میزان کردن ترازو از مربی آزمایشگاه کمک بخواهید.



۲۱) قطره چکان

وسیله شیشه‌ای یا پلاستیکی است که یک طرف آن دارای حباب لاستیکی قابل ارتجاع و طرف دیگر آن یک میله شیشه‌ای با نوک بسیار باریک است. کاربرد: معمولاً از قطره چکان برای ریختن معرفها و یا برداشتن محلولهایی که بخارهای سمّی تولید می‌کنند و یا محلول‌هایی که احتمال خطر آنها هنگام ریختن به دست و لباس زیاد است استفاده می‌کنند.

۲۲) شیشه درب سنباده‌ای

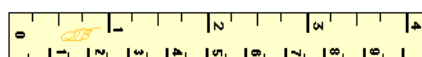
بطری شیشه‌ای برای نگهداری معرفها و ریختن معرفها به داخل ظروف دیگر استفاده می‌شود.

۲۳) دماسنج

وسیله اندازه‌گیری دما. درجات دماسنج معمولاً برحسب فارنهایت و یا سانتیگراد (سلسیوس) تنظیم شده است و در هر حالت ممکن است جیوه‌ای و یا الکلی باشد. میزان دقت دماسنج به درجه‌بندی آن بستگی دارد. بطوریکه هر چه فاصله بین درجات بیشتر باشد و این فاصله به درجات کوچکتری تقسیم شده باشد خطای کمتری در خواندن خواهیم داشت.



Thermometer, Mercury, Yellow back with blue nonroll fitting



Thermometer, Alcohol

تمیز کردن ظروف آزمایشگاهی

پیش از هر کار باید ابزار شیشه ای را شست، آب کشید و در بعضی موارد خشک کرد. برای شستن می توان از مواد پاک کننده (مثل آب صابون و تاید) و برس مخصوص استفاده کرد. پس از شستن باید آن را چندین بار با آب معمولی بخوبی شست. سپس با آب مقطر آن را آب کشید. در صورتی که بعد از تمیز کردن کامل ظرف با آب و صابون یک فیلم چربی مشاهده شود، در این صورت می توان از محلول تمیز کننده متشکل از دی کرومات پتاسیم در اسید سولفوریک غلیظ استفاده کرد. پس از کاربرد این محلول ، به منظور پاک کردن ظروف از آخرین مقادیر ناچیز یونهای دی کرومات که قویاً به سطح شیشه یا چینی می چسبند، ظروف تمیز شده را باید چندین بار آب کشی کرد. محلول تمیز کننده هنگامی کاملاً موثر است که حدود ۷۰ درجه سانتیگراد گرم شود. در این دما محلول سریعاً به مواد آلی حمله می کند و از این رو ، ترکیب بالقوه خطرناکی است. هر گونه ترشحاتی از این محلول فوراً باید با حجم زیادی از آب مقطر رقیق شود.

جلسه دوم) محلول سازی

به مخلوطهای همگن (یکنواخت) محلول گفته میشود. محلولها بطور کلی از دو جزء تشکیل می‌شوند، حلال و حل شونده. حلال آن جزئی است که از لحاظ مقدار بیشتر است و حل شونده آن جزئی است که از لحاظ مقدار کمتر است. حل شونده ممکن است مایع، جامد و یا گاز باشد. بیشتر با حلالهای مایع سروکار داریم. حلالی که عموماً استفاده میشود آب مقطر است.

(۱) غلظت درصدی

شیمییدانها اغلب غلظتها را بر حسب درصد بیان می‌کنند. روشهای معمول عبارتند از:

$$(W/W) \text{ درصد وزنی} = \frac{\text{وزن ماده حل شده}}{\text{وزن محلول}} \times 100$$

$$(V/V) \text{ درصد حجمی} = \frac{\text{حجم ماده حل شده}}{\text{حجم محلول}} \times 100$$

$$(W/V) \text{ درصد وزنی حجمی} = \frac{\text{وزن ماده حل شده، گرم}}{\text{حجم محلول، میلی‌لیتر}} \times 100$$

لازم به تذکر است که مخرج کسر در هر یک از این روابط، به محلول اشاره دارد. به علاوه، دو رابطه اول، از واحدهای به کار رفته مستقل هستند (البته، به شرط آنکه، بین صورت و مخرج کسر هماهنگی باشد)، در حالی که برای سومی باید آحاد را ذکر کرد.

درصد وزنی اغلب برای بیان غلظت تجارتی محلولهای آبی واکنشگرها به کار می‌رود؛ بنابراین، نیتریک اسید به صورت محلول ۷۰٪ به فروش می‌رسد، که می‌رساند در ۱۰۰ گرم محلول ۷۰ گرم HNO_3 وجود دارد.

درصد وزنی حجمی اغلب برای بیان ترکیب محلولهای آبی رقیق واکنشگرهای جامد به کار می‌رود؛ بنابراین، یک محلول آبی ۵٪ از نقره نیترات، معمولاً به محلولی اطلاق می‌شود که با حل کردن ۵ گرم نقره نیترات در مقدار کافی آب برای تولید ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول، حاصل شده باشد.

برای رفع ابهام، لازم است که نوع درصد ترکیب به کار رفته به روشنی مشخص شود.

قسمت در میلیون^۱ (ppm)

برای محلولهای بسیار رقیق، ساده‌تر است که غلظت را بر حسب قسمت در میلیون بیان کنیم.

$$\text{ppm} = \frac{\text{میلی‌گرم ماده حل شده}}{\text{لیتر محلول}}$$

(۲) غلظت معمولی:

غلظت معمولی، عبارتست از وزن ماده با واحد گرم که در یک لیتر محلول وجود دارد. علامت آنرا معمولاً C می‌گیرند.

$$\text{غلظت معمولی محلول (C)} = \frac{\text{وزن ماده برحسب گرم}}{\text{حجم محلول برحسب لیتر}}$$

مثال: ۰/۸ گرم سود (NaOH) در ۲۰ میلی‌لیتر محلول وجود دارد. غلظت معمولی این محلول چقدر است؟

برای تعیین غلظت معمولی باید مقدار گرمهای آن ماده را در هر لیتر محلول یا در هر هزار میلی‌لیتر محلول محاسبه نمود.

۰/۸ گرم سود

۲۰ میلی لیتر محلول

X

۱۰۰۰ میلی لیتر محلول

X = ۴۰ گرم بر لیتر

(۳) مولاریته یا غلظت مولار

مولاریته یا غلظت مولار که با (C_M) نشان داده می‌شود، عبارت است از تعداد مول‌های یک جسم حل شده در یک لیتر محلول.

یک مول برابر 6.023×10^{23} ملکول از یک جسم می‌باشد. (این عدد بسیار بزرگ عدد آووگادرو نامیده می‌شود.) اصطلاح مول را در یک مفهوم وسیع برای توصیف مقادیر ترکیبات ملکولی، عناصر آزاد و یونها به کار خواهیم برد. یک مول عبارت است از جرم ملکولی یک مولکول، عنصر یا یون که بر حسب گرم بیان می‌شود. بنابراین:

یک مول $\text{Na} = 22.99$ گرمیک مول $\text{Cl}^- = 35.45$ گرمیک مول $\text{Cl}_2 = 70.90$ گرمیک مول $\text{H}_2\text{O} = 18.01$ گرمیک مول $\text{Na}_2\text{SO}_4 = 142.04$ گرم**تذکر:**

هنگام تهیه محلول با مولاریته یا نرمالیه مشخص از ماده جامد آن یا از محلولهای غلیظ تجارتي، حتماً باید درجه خلوص ماده و دانسیته آن را در محاسبه شرکت داد.

مثال: روش تهیه ۲۵۰ میلی‌لیتر محلول ۰/۱ مولار سدیم کربنات را از نمک جامد آن با درجه خلوص ۹۷٪ بنویسید.

محلول ۰/۱ مولار سدیم کربنات به این معنی است که در هر لیتر محلول ۰/۱ مول سدیم کربنات وجود دارد. چونکه می‌خواهیم ۲۵۰ میلی لیتر محلول تهیه کنیم پس تعداد مولهای ماده مورد نیاز بصورت زیر محاسبه میشود:

$$\frac{1000 \text{ میلی لیتر محلول}}{250 \text{ میلی لیتر محلول}} \times \frac{0.1 \text{ مول سدیم کربنات}}{0.025 \text{ مول سدیم کربنات}} = X$$

جرم ملکولی سدیم کربنات ۱۰۶ است، یعنی اینکه یک مول سدیم کربنات ۱۰۶ گرم وزن دارد. پس میتوان وزن ۰/۰۲۵ مول سدیم کربنات را محاسبه کرد:

$$\frac{106 \text{ گرم سدیم کربنات}}{2/65 \text{ گرم سدیم کربنات}} \times \frac{1 \text{ مول سدیم کربنات}}{0.025 \text{ مول سدیم کربنات}} = X$$

بنابر این، اگر ۲/۶۵ گرم سدیم کربنات خالص و خشک را دقیقاً با ترازو وزن کرده و در یک بالن ژوژه ۲۵۰ میلی لیتری، در آب مقطر حل کنیم، بعد از به حجم رساندن بالن، ۲۵۰ میلی لیتر محلول ۰/۱۰ مولار سدیم کربنات تهیه کرده‌ایم.

نکته: همیشه درجه خلوص را روی قوطی مواد به صورت درصد وزنی - وزنی می‌نویسند. درجه خلوص ۹۷٪ به این معنی است که در ۱۰۰ گرم از این ماده ۹۷ گرم سدیم کربنات خالص وجود دارد و ۳ گرم هم ناخالصی وجود دارد.

باید دید ۲/۶۵ گرم سدیم کربنات خالص در چقدر ماده ناخالص وجود دارد، بنابر این باید از درصد خلوص ترکیب استفاده کرد.

$$\frac{97 \text{ گرم سدیم کربنات خالص}}{100 \text{ گرم سدیم کربنات ناخالص}}$$

۲/۷۳ گرم سدیم کربنات ناخالص = x / ۲/۶۵ گرم سدیم کربنات خالص x گرم سدیم کربنات ناخالص

مقدار ۲/۷۳ گرم از نمک فوق در بالن ۲۵۰ میلی لیتر با آب مقطر حل و به حجم رسانده می شود.

(۱۴) مولالیت، یا غلظت مولال

مولالیت، یا غلظت مولال که با C_m نشان داده می شود عبارت است از تعداد مولهای ماده حل شده در یک کیلوگرم حلال.

$$C_m = \frac{\text{تعداد مولهای ماده حل شده}}{\text{کیلوگرم حلال}}$$

مثال: مولالیت محلولی را که از حل شدن ۱/۰۰ گرم اوره در ۴۸/۰ گرم آب مقطر به وجود می آید، محاسبه کنید.

حل: برای به دست آوردن تعداد مولهای جسم حل شده باید بدانیم که:

$$\text{گرم } ۶۰/۰۶ = \text{یک مول } \text{CO (NH}_2)_2$$

$$\begin{array}{ccc} ۱ \text{ مول اوره} & ۶۰/۰۶ \text{ گرم اوره} & \\ & \diagdown & \\ X \text{ مول اوره} & ۱ \text{ گرم اوره} & x = ۰/۰۱۶۷ \text{ مول اوره} \end{array}$$

این تعداد مول در ۴۸ گرم حلال حل شده است. مولالیت به معنی تعداد مولهای ماده حل شده در هر کیلوگرم حلال (هزار گرم حلال) میباشد که میتوان بصورت زیر محاسبه کرد:

$$\begin{array}{ccc} ۰/۰۱۶۷ \text{ مول اوره} & ۴۸ \text{ گرم حلال} & \\ & \diagdown & \\ X \text{ مول اوره} & ۱۰۰۰ \text{ گرم حلال (کیلوگرم حلال)} & x = ۰/۳۴۸ \text{ مول اوره} \end{array}$$

بنابر این، اگر ۱/۰۰ گرم اوره در ۴۸/۰ گرم آب مقطر حل شود، یک محلول ۰/۳۴۸ مولال حاصل می‌شود.

(۵) نرمالیت، یا غلظت نرمال

نرمالیت یا غلظت نرمال که آن را با (N) نشان می‌دهند، عبارت است از تعداد هم‌ارزها (اکیوالانهای) ماده حل شده در یک لیتر محلول.

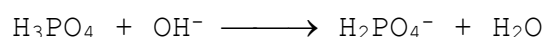
$$N = \frac{\text{تعداد اکیوالانهای جسم حل شده}}{\text{لیتر محلول}}$$

چگونگی تعریف نرمالیت و اکیوالان گرم (E_w) بستگی به نوع واکنش دارد. بدین معنی که آیا واکنش تیتراسیون از نوع خنثی شدن، اکسایش-کاهش، رسوبی و یا تشکیل کمپلکس است. پس تعریف وزن اکیوالانی برای یک ماده همواره مبتنی بر چگونگی رفتار آن ماده در یک واکنش شیمیایی است. چنانچه نوع واکنش دقیقاً مشخص نباشد، ارزیابی وزن اکیوالانی غیرممکن خواهد بود.

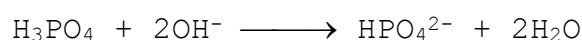
$$E_w = \frac{M}{n} = \frac{\text{جرم ملکولی ماده مورد نظر}}{\text{ظرفیت موثر}} = \text{اکیوالان گرم} = \text{وزن یک اکی والان از هر ماده}$$

برای اسیدها یا بازهای قوی و برای اسیدها و بازهایی که فقط یک یون هیدروژن (H^+) یا هیدروکسید (OH^-) فعال دارند، ظرفیت موثر آنها یک است. به عنوان مثال، ظرفیت موثر پتاسیم هیدروکسید (KOH) و هیدروکلریک اسید (HCl) برابر یک می‌باشد. زیرا هر کدام از آنها فقط یک یون هیدروژن یا یک یون هیدروکسید فعال دارد. به همین نحو، می‌دانیم که در استیک اسید (CH_3COOH) فقط یک هیدروژن اسیدی وجود دارد، بنابر این، ظرفیت موثر این اسید نیز برابر یک می‌باشد. باریم هیدروکسید $Ba(OH)_2$ یک باز قوی با دو یون هیدروکسید است. این باز در هر واکنش اسید - باز، الزاماً با دو یون هیدروژن واکنش می‌دهد، پس ظرفیت موثر آن برابر دو است. اسید سولفوریک (H_2SO_4) که یک اسید فوق العاده قوی است در هر واکنش اسید - باز با دو هیدروژن خود در واکنش شرکت می‌کند، پس ظرفیت موثر آن برابر دو است.

برای یک اسید چند عاملی که دارای دو یا چند هیدروژن با تمایلات متفاوت برای تفکیک شدن است، وضعیت دشوارتر است. به عنوان مثال، بعضی از معرفها (شناساگرها) هنگامی که فقط یکی از سه پروتون فسفریک اسید خنثی می‌شود، تغییر رنگ می‌دهند، یعنی،

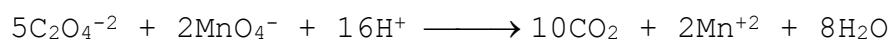


عده‌ای دیگر از شناساگرها پس از خنثی شدن دو یون هیدروژن تغییر رنگ می‌دهند، یعنی،



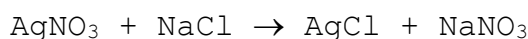
در تیتراسیون اول ظرفیت موثر فسفریک اسید برابر با یک است، در حالی که در تیتراسیون دوم ظرفیت موثر آن برابر دو است. تیتراسیون پروتون سوم فسفریک اسید جنبه کاربردی ندارد، پس با ظرفیت موثر ۳ آن سروکار نخواهیم داشت. بدون آگاهی از آنکه کدامیک از این واکنشها درگیر است، ارائه یک تعریف خالی از ابهام برای وزن اکیوالانی فسفریک اسید غیرممکن خواهد بود.

وزن اکیوالانی گرمی در واکنشهای اکسیداسیون - احیا عبارت است از، وزنی که به طور مستقیم یا غیرمستقیم یک مول الکترون تولید یا مصرف می‌کند. بنابر این، ظرفیت موثر هر ماده‌ای که در واکنش اکسیداسیون - احیا شرکت کرده است، برابر با تغییر عدد اکسیداسیون آن ماده است. به عنوان مثال، اکسایش یون اکسلات با پتاسیم پرمنگنات در محیط اسیدی را در نظر بگیرید.



از آنجا که در این واکنش عنصر منگنز از حالت +۷ به حالت +۲ می‌رود، لذا تغییر عدد اکسیداسیون آن ۵ است، بنابر این ظرفیت موثر MnO_4^- یا Mn^{+2} برابر با پنج است. به همین ترتیب اتم کربن در یون اکسلات از حالت +۳ به حالت +۴ اکسید شده است. از آنجا که هر یون اکسلات دو اتم کربن دارد، لذا ظرفیت موثر سدیم اکسلات برابر با دو است. از طرف دیگر چون CO_2 یک اتم کربن دارد، ظرفیت موثر آن برابر با یک است.

ظرفیت موثر موادی که در واکنش رسوبی یا تشکیل کمپلکس شرکت میکنند برابر است با تعداد فلز موجود در فرمول ترکیب ضرب در ظرفیت فلز. مثلاً ظرفیت موثر AgNO_3 در واکنش زیر برابر با یک است. چون یک عدد فلز (Ag) در فرمول وجود دارد و ظرفیت آن نیز برابر یک است.



بنابر این، برای تهیه یک محلول با نرمالیه مشخص، ابتدا باید وزن اکیوالانی ماده مورد نظر را به دست آورد. سپس از حل کردن تعداد مشخصی از وزنه‌های اکیوالانی نرمالیه مورد نظر را به دست آورد.

مثال: طرز تهیه ۲۵۰ میلی‌لیتر محلول پتاسیم پرمنگنات ۰/۱۰ نرمال را از پتاسیم پرمنگنات با خلوص ۹۷٪ بیان کنید؟ (محصول واکنش Mn^{+2} می‌باشد)

در یک لیتر (۱۰۰۰ میلی‌لیتر) از محلول ۰/۱۰N پتاسیم پرمنگنات ۰/۱۰ اکیوالان پتاسیم پرمنگنات موجود می‌باشد، پس تعداد اکی‌والانهای پتاسیم پرمنگنات در ۲۵۰ میلی لیتر محلول برآتی محاسبه میشود:

$$\frac{1000 \text{ میلی لیتر محلول} \times 0.10 \text{ اکیوالان پتاسیم پرمنگنات}}{250 \text{ میلی لیتر محلول} \times 0.25 \text{ اکیوالان پتاسیم پرمنگنات}} = x$$

در اینجا عدد اکسیداسیون منگنز از +۷ در MnO_4^- به +۲ در Mn^{+2} رسیده است، پس ظرفیت موثر آن برابر پنج است.

$$\text{وزن اکیوالانی KMnO}_4 = \frac{158.03}{5} = 31.606 \text{ گرم}$$

$$1 \text{ اکیوالان پتاسیم پرمنگنات} \quad 31.606 \text{ گرم پتاسیم پرمنگنات}$$

۰/۷۹۰ گرم پتاسیم پرمنگنات = X X گرم پتاسیم پرمنگنات ۰/۰۲۵ اکیوالان پتاسیم پرمنگنات

اما باید دید ۰/۷۹۰ گرم پتاسیم پرمنگنات خالص در چقدر ماده ناخالص وجود دارد، بنابر این:

۹۷ گرم پتاسیم پرمنگنات خالص ۱۰۰ گرم پتاسیم پرمنگنات ناخالص
 ۰/۸۱ گرم پتاسیم پرمنگنات ناخالص = X ۰/۷۹۰ گرم پتاسیم پرمنگنات خالص X گرم پتاسیم پرمنگنات ناخالص

مقدار ۰/۸۱ گرم از نمک فوق در بالن ۲۵۰ میلی لیتر با آب مقطر حل و به حجم رسانده می شود.

نکته: توضیحی در مورد دانسیته و سنگینی ویژه

دانسیته یک ماده جرم آن را در واحد حجم بیان میکند. دانسیته دارای واحد کیلوگرم بر لیتر یا گرم بر میلی لیتر می باشد. در تهیه محلولها اگر ماده اولیه مایع یا محلول باشد پس از محاسبه وزن ناخالص باید به کمک دانسیته وزن را به حجم محلول مورد نیاز تبدیل کرد. فرمول دانسیته بصورت زیر است:

$$d = \frac{m}{V}$$

d = دانسیته بر حسب گرم بر میلی لیتر (یا کیلوگرم بر لیتر)

m = وزن ماده بر حسب گرم (یا کیلوگرم)

V = حجم ماده بر حسب میلی لیتر (یا لیتر)

مثال: برای تهیه ۲۵۰ ml محلول HNO_3 با غلظت ۲/۰ نرمال چه وزنی از محلول نیتریک اسید غلیظ ۷۰٪ لازم است؟ اگر چگالی نیتریک اسید غلیظ، ۱/۴۲ g/ml باشد، چه حجم از این اسید مصرف می شود؟

۲ اکیوالان نیتریک اسید ۱۰۰۰ میلی لیتر محلول ۰/۵ اکیوالان نیتریک اسید = X
 X اکیوالان نیتریک اسید ۲۵۰ میلی لیتر محلول

۶۳ گرم نیتریک اسید	۱ اکیوالان نیتریک اسید
X گرم نیتریک اسید	۰/۵ اکیوالان نیتریک اسید
$\frac{63 \text{ گرم نیتریک اسید}}{0.5 \text{ اکیوالان نیتریک اسید}} = \frac{X \text{ گرم نیتریک اسید}}{0.5 \text{ اکیوالان نیتریک اسید}}$	

در ۱۰۰g از نیتریک اسید غلیظ ۷۰٪، مقدار ۷۰g HNO_3 وجود دارد. بنابر این:

۷۰ گرم نیتریک اسید خالص	۱۰۰ گرم نیتریک اسید غلیظ
۳۱/۵ گرم نیتریک اسید خالص	X گرم نیتریک اسید غلیظ
$\frac{70 \text{ گرم نیتریک اسید خالص}}{100 \text{ گرم نیتریک اسید غلیظ}} = \frac{31.5 \text{ گرم نیتریک اسید خالص}}{X \text{ گرم نیتریک اسید غلیظ}}$	

برای تبدیل این مقدار به حجم اسید غلیظ برحسب میلی لیتر، به طریق زیر عمل می‌کنیم:

$$d = \frac{m}{V} \longrightarrow V = \frac{m}{d} = \frac{40}{1.42} = 28.17 \text{ میلی لیتر } \text{HNO}_3 \text{ غلیظ}$$

فرمول محاسبه مولاریته یک محلول:

$$C_M = \frac{10ad}{M}$$

a = درجه خلوص محلول

C_M = مولاریته محلول

M = جرم ملکولی ترکیب

d = دانسیته محلول

مثال: مولاریته محلول HNO_3 با خلوص ۷۰٪ و دانسیته ۱/۴۲g/ml را محاسبه کنید؟

$$C_M = \frac{10ad}{M} = \frac{10 \times 70 \times 1.42}{60} = 15.57M$$

فرمول محاسبه نرمالیه یک محلول:

$$N = \frac{10ad}{E}$$

N = نرمالیتة محلول
 a = درجه خلوص محلول
 d = دانسیته محلول
 E = اکی والان گرم ترکیب

مثال: نرمالیتة محلول HNO_3 با خلوص ۷۰٪ و دانسیته $1.42 g/ml$ را محاسبه کنید؟

$$E = \frac{M}{n} = \frac{60}{1} = 60$$

$$N = \frac{10ad}{E} = \frac{10 \times 70 \times 1.42}{60} = 15.57N$$

رابطه بین مولاریته و نرمالیتة:

برای تبدیل نرمالیتة به مولاریته و برعکس میتوان از فرمول زیر استفاده کرد:

$$N = C_M \times n$$

در این فرمول N نرمالیتة محلول، C_M مولاریته محلول و n ظرفیت موثر ترکیب مورد نظر است.

مثال: نرمالیتة محلول ۰/۱ مولار اسید سولفوریک (H_2SO_4) چند است؟

$$N = C_M \times n \longrightarrow N = 0.1 \times 2 = 0.2N$$

روابط مورد استفاده در رقیق کردن محلولها:

در رقیق کردن محلولها از دو رابطه زیر استفاده میشود. که اولی در مورد رقیق کردن محلولها با مولاریته مشخص و دومی در مورد رقیق کردن محلولها با نرمالیتة مشخص استفاده میشود:

$$C_{M1}V_1 = C_{M2}V_2$$

$$N_1V_1 = N_2V_2$$

در این روابط بصورت اختیاری میتوان زیروند ۱ را به محلول غلیظ نسبت داد و زیروند ۲ را به محلول رقیق نسبت داد.

$$\text{مولاریته محلول غلیظ} = C_{M1}$$

$$\text{حجم محلول غلیظ} = V_1$$

$$\text{مولاریته محلول رقیق} = C_{M2}$$

$$\text{حجم محلول رقیق} = V_2$$

$$\text{نرمالیه محلول غلیظ} = N_1$$

$$\text{نرمالیه محلول رقیق} = N_2$$

مثال: اگر ۲۵ میلی‌لیتر محلول ۲ مولار را به حجم ۲۵۰ میلی‌لیتر برسانیم، مولاریته محلول حاصل چقدر خواهد بود؟

$$C_{M1} V_1 = C_{M2} V_2$$

$$۲ \times ۲۵ = C_{M2} \times ۲۵۰ \longrightarrow C_{M2} = ۰/۲M$$

به طور کلی واحدهای غلظت را می‌توان در جدول (۲) خلاصه کرد.

جدول ۲- سیستم‌هایی برای بیان غلظت ممولها

نام سیستم	علامت	تعریف
درصد وزنی	$\%W/W$	$\frac{\text{گرمهای جسم حل شده}}{\text{گرمهای محلول}} \times 100$
درصد حجمی	$\%V/V$	$\frac{\text{میلی لیترهای جسم حل شده}}{\text{میلی لیتر محلول}} \times 100$
درصد وزنی - حجمی	$\%W/V$	$\frac{\text{گرمهای جسم حل شده}}{\text{میلی لیتر محلول}} \times 100$
غلظت معمولی (گرم بر لیتر) (C)	C	$\frac{\text{گرم جسم حل شده}}{\text{لیتر محلول}}$
قسمت در میلیون	ppm	$\frac{\text{میلی گرم جسم حل شده}}{\text{لیتر محلول}}$
مولاریته (C_M)	M	$\frac{\text{تعداد مولهای جسم حل شده}}{\text{لیتر محلول}}$
مولالیت (C_m)	m	$\frac{\text{تعداد مولهای جسم حل شده}}{\text{کیلوگرم حلال}}$
نرمالیت (N)	N	$\frac{\text{تعداد اکیوالان جسم حل شده}}{\text{لیتر محلول}}$

سئوالات محلول سازی:

- ۱- طرز تهیه محلولهای زیر را شرح دهید:
 - الف) ۲۰۰ میلی لیتر از محلول آبی ۱۰٪ (وزنی-حجمی) گلوکز.
 - ب) ۲۰۰ گرم از محلول آبی ۱۰٪ (وزنی) گلوکز.
 - ج) ۲۰۰ میلی لیتر از محلول آبی ۱۰٪ (حجمی) اتانول.

- ۲- تعداد مولهای ماده حل شده موجود در هر یک از محلولهای زیر را محاسبه کنید؟
 - الف) ۱/۲L محلول Ba(OH)_2 ؛ ۰/۰۵M
 - ب) ۲۵ mL محلول H_2SO_4 ؛ ۶/۰M
 - ج) ۰/۲۵L محلول NaCl ؛ ۰/۱M

- ۳- مولاریته هر یک از محلولهای زیر را محاسبه کنید؟
 - الف) ۴/۰g از NaOH در دقیقاً ۲۵۰mL محلول.
 - ب) ۱۳/۰g از NaOH در ۱/۵L محلول.
 - ج) ۱۰/۰g از AgNO_3 در ۳۵۰mL محلول.

- ۴- برای تهیه هر یک از محلولهای زیر چند گرم ماده حل شدنی باید بکار برد؟
 - الف) ۵۰۰mL محلول KMnO_4 ؛ ۰/۰۲M از KMnO_4 جامد با خلوص ۹۷٪
 - ب) ۲L محلول KOH ؛ ۱/۵M از KOH جامد با خلوص ۹۸٪
 - ج) ۲۵ mL محلول BaCl_2 ؛ ۲M از BaCl_2 جامد با خلوص ۹۵٪

- ۵- برای تهیه هر یک از محلولهای زیر چند میلی لیتر از واکنشگر غلیظ باید بکار برد؟
 - الف) ۰/۲۵L محلول CH_3COOH ؛ ۳/۵M
مشخصات CH_3COOH :
جرم مولکولی = ۶۰ در صد وزنی = ۹۹/۵٪ دانسیته = ۱/۲۵g/mL
 - ب) ۱/۵L محلول HNO_3 ؛ ۰/۵M
مشخصات HNO_3 :
جرم مولکولی = ۶۳ در صد وزنی = ۷۰٪ دانسیته = ۱/۱۵g/mL

ج) ۷۰mL محلول H_2SO_4 : ۰/۱M

مشخصات H_2SO_4 :

جرم مولکولی = ۹۸ در صد وزنی = ۹۶٪ دانسیته = ۱/۸۴g/mL

۶- درصد وزنی HBr غلیظ ۴۸ درصد و دانسیته آن ۱/۵g/mL است:

الف) برای تهیه ۷۰۰mL محلول ۱/۵M HBr چند گرم محلول غلیظ باید بکار برد.

ب) برای تهیه این محلول چند میلی‌لیتر محلول غلیظ باید بکار برد.

۷- الف) مولاریته یک محلول ۴۸٪ وزنی HF با دانسیته ۱/۱۷g/mL چقدر است؟ ب) مولالیتیه این محلول چقدر است؟

۸- طرز تهیه ۱۰۰ میلی‌لیتر از محلولهای زیر را بنویسید .

الف) محلول $K_2Cr_2O_7$ ۰/۲۵ N از نمک جامد $K_2Cr_2O_7$ با خلوص ۹۶٪ . در صورتی که محصول واکنش Cr^{3+} باشد

ب) محلول H_3PO_4 ۰/۲ N از محلولی با خلوص ۸۵٪ و دانسیته ۱/۷g/mL . در صورتی که محصول واکنش HPO_4^{2-} باشد .

ج) محلول KI ۰/۰۴ N از نمک جامد KI با خلوص ۹۷٪ . در صورتی که محصول واکنش AgI باشد.

۹- اسید کلریدریک غلیظ آزمایشگاه ۳۶٪ است و دانسیته آن ۱/۱۸g/mL است، نرمالیتیه، مولاریته و مولالیتیه آن را به دست آورید .

۱۰- محلول غلیظی از NaOH ۵۰٪ وزنی است و دانسیته آن ۱/۵۴g/mL است. اگر ۲۵ میلی‌لیتر از این محلول را به حجم ۷۵۰mL برسانیم مولاریته محلول حاصل چقدر است؟

۱۱- دانسیته یک محلول ۲۳/۱M اسید فرمیک ($HCOOH$) ۱/۲g/mL است. درصد وزنی $HCOOH$ چقدر است؟

۱۲- نرمالیتیه محلولهای زیر را بدست آورید؟ فرض کنید اسیدها بصورت کامل خنثی می‌شوند.

الف) HCl ؛ N (ب) H_2SO_4 ؛ N (ج) H_3PO_4 ؛ N

۱۳- مولاریته محلول‌های زیر را بدست آورید؟ فرض کنید اسیدها بصورت کامل خنثی می‌شوند.

الف) HCl ؛ N (ب) H_2SO_4 ؛ N (ج) H_3PO_4 ؛ N

جلسه سوم) توضیحات مربوط به تیتراسیون

تیتراسیون از روشهای تجزیه حجمی است. در تجزیه حجمی ابتدا جسم را حل کرده و حجم معینی از محلول آن را با محلول دیگری که غلظت آن دقیقاً مشخص است و محلول تیتراکننده نامیده می‌شود، می‌سنجند. افزایش محلول تیتراکننده، آنقدر ادامه دارد تا مقدار آن از نظر اکیوالان برابر مقدار جسم حل شده شود.

روش تیترا کردن: در عمل تیتراسیون محلول استاندارد را از یک بورت به محلولی که باید غلظت آن اندازه گرفته شود می‌افزایند و این عمل تا وقتی ادامه دارد که واکنش بین محلول استاندارد و تیترا شونده کامل شود. سپس با استفاده از حجم و غلظت محلول استاندارد و محلول تیتراشونده غلظت محلول را حساب می‌کنند.

نقطه اکیوالان نقطه‌ای است که در آن مقدار محلول استاندارد افزوده شده از نظر شیمیائی برابر با مقدار جسم مورد نظر در محلول مجهول است. این نقطه را نقطه پایان عمل از نظر تئوری نیز می‌گویند.

مثلاً نقطه اکیوالان در عمل تیترا کردن NaCl با نقره نیترات وقتی مشخص می‌شود که برای هر وزن فرمولی Cl^- در محیط یک وزن فرمولی Ag^+ وارد محیط عمل شده باشد و یا در تیترا کردن سولفوریک اسید (H_2SO_4) با سدیم هیدروکسید (NaOH) وقتی دو وزن فرمولی اسید دو وزن فرمولی باز وارد محیط عمل شود نقطه اکیوالان پدید خواهد آمد. نقطه اکیوالان در عمل بوسیله تغییر فیزیکی (مثلاً تغییر رنگ) شناخته می‌شود. اختلاف حجم محلول استاندارد مربوط

به نقطه پایان و نقطه اکیوالان را معمولاً بر حسب درصد حساب می‌کنند و آنرا اشتباه تیتراژ کردن می‌نامند.

شناساگرهای شیمیائی:

برای نقطه پایان در حین تیتراژ کردن از ترکیبات شیمیائی مشخص استفاده می‌شود که در نزدیکی نقطه تعادل در اثر تغییر غلظت مواد تیتراژشونده شروع به تغییر رنگ می‌کند. این ترکیبات را اندیکاتور یا شناساگر می‌گویند.

انواع تیتراسیون:

بر حسب واکنشهایی که بین محلول تیتراژ شونده و تیتراژکننده صورت می‌گیرد، تجزیه‌های حجمی به چهار دسته تقسیم می‌شوند.

۱- واکنشهای خنثی شدن یا واکنشهای اسید و باز

۲- واکنشهای رسوبی

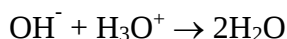
۳- واکنشهای تشکیل کمپلکس

۴- واکنشهای اکسایش و کاهش.

تیتراژ کردن واکنشهای خنثی شدن یا واکنشهای اسید و باز:

مطابق ساده‌ترین تعریف، کلمه اسید به اجسام دارای هیدروژن اطلاق می‌شود که در اثر حل شدن در آب به یون H^+ و یک آنیون تفکیک می‌شوند. کلمه باز به اجسامی گفته می‌شود که دارای هیدروکسیل بوده و در آب به یون OH^- و یک کاتیون تفکیک می‌شود.

یکی از کارهای عادی شیمی تیتراژ کردن اسیدها و بازهاست. تیتراژ کردن عبارت است از تعیین مقدار اسید یا باز موجود در یک محلول که با افزایش تدریجی یک باز به غلظت مشخص یا برعکس انجام می‌گیرد. موقعی که محلول یک باز که دارای یونهای OH^- است به محلول اسید اضافه می‌کنیم، واکنش خنثی شدن انجام می‌شود. این واکنش در حقیقت عبارت است از ترکیب یونهای هیدروژنیم با یونهای هیدروکسید (اسید قوی و باز قوی)



معمولاً عمل به این ترتیب انجام می‌گیرد که حجم مشخص (V_a) از محلول اسید که نرمالیت آن مجهول است (N_a) انتخاب کرده و به کمک یک بورت مدرج به تدریج محلول یک باز به نرمالیت (N_b) مشخص به آن اضافه می‌کنند. عمل خنثی شدن وقتی کامل است که مقدار اکیوالان گرمهای باز مصرفی برابر با مقدار اکیوالان گرمهای اسید موجود در محلول است. اگر حجم باز مصرف شده برابر V_b باشد. تعداد اکیوالان گرمهای باز ($N_b V_b$) برابر با تعداد اکیوالان گرمهای اسید ($N_a V_a$) است یعنی:

$$N_a V_a = N_b V_b$$

و بدین ترتیب نرمالیت اسید محاسبه می‌شود.

شناساگرهای شیمیائی در pHهای مختلف بین صفر تا ۱۴ رنگهای متفاوتی دارند. جدول زیر نام چند شناساگر معمولی و گستره تغییر رنگ (pH) هر یک را نشان می‌دهد.

چند شناساگر اسید - باز مهم

تغییر رنگ		نام متداول
باز	اسید	
قرمز	بی‌رنگ	فنول فتالئین
زرد	قرمز	متیل اورانژ
زرد	قرمز	متیل رد

محاسبات:

در تیتراسیونها معمولاً غلظت محلول مجهول و یا وزن آنالیت موجود در نمونه مورد

سؤال است. هر کدام را می‌توان با محاسباتی ساده انجام داد:

(۱) اگر غلظت خواسته شده باشد، می‌توان از فرمول زیر استفاده کرد:

$$N_1 V_1 = N_2 V_2$$

N_1 = نرمالیت تیتراکننده، پارامتری معلوم است چونکه این محلول را خودمان تهیه می‌کنیم.

V_1 = حجم تیترا کننده مصرفی، پارامتری معلوم است چونکه این حجم را از روی بورت می‌خوانیم.

N_2 = نرمالیه تیترا شونده، پارامتری مجهول است.

V_2 = حجم تیترا شونده، پارامتری معلوم است چونکه این حجم را توسط پیپت حبابدار برمی‌داریم.

(۲) اگر وزن آنالیت خواسته شده باشد، می‌توان از فرمول زیر استفاده کرد:

$$NV = \frac{g1000}{E} \Rightarrow NV = \frac{g1000}{\frac{M}{n}}$$

N = نرمالیه تیترا کننده، پارامتری معلوم است چونکه این محلول را خودمان تهیه می‌کنیم.

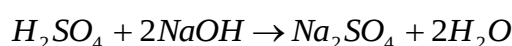
V = حجم تیترا کننده مصرفی، پارامتری معلوم است چونکه این حجم را از روی بورت می‌خوانیم.

g = وزن آنالیت، پارامتری مجهول است. M = جرم مولی آنالیت

n = ظرفیت موثر آنالیت E = اکیوالان گرم آنالیت

مثال شماره ۱: بر طبق واکنش زیر، چه حجم از محلول NaOH، ۰/۷۵ مولار برای واکنش با ۵۰

میلی‌لیتر از محلول H_2SO_4 ، ۰/۱۶ مولار لازم است؟



روش اول:

۱۰۰۰ میلی‌لیتر ۰/۱۶ مول H_2SO_4

X

۵۰

X = ۰/۰۰۸ مول H_2SO_4

۱ مول H_2SO_4

۲ مول NaOH

۰/۰۰۸

X

X = ۰/۰۱۶ مول NaOH

۰/۷۵ مول NaOH

۱۰۰۰ میلی‌لیتر

۰/۰۱۶

X

X = ۲۰ میلی لیتر NaOH

روش دوم:

$$N_1 V_1 = N_2 V_2$$

N_1 = نرمالیه سود، (مولاریته سود مشخص است که طبق فرمول $N = C_M \times n$ میتوان نرمالیه آن را مشخص کرد. چون ظرفیت موثر سود برابر یک است، در نتیجه نرمالیه سود همان 0.75 نرمال است)

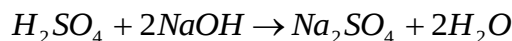
$$V_1 = \text{مجهول}$$

N_2 = نرمالیه اسید سولفوریک، (مولاریته اسید سولفوریک مشخص است که طبق فرمول $N = C_M \times n$ میتوان نرمالیه آن را مشخص کرد. چون ظرفیت موثر اسید سولفوریک برابر دو است، در نتیجه نرمالیه اسید سولفوریک برابر 0.32 نرمال است)

$$V_2 = \text{حجم اسید سولفوریک، } 50 \text{ میلی لیتر}$$

$$N_1 V_1 = N_2 V_2 \Rightarrow 0.75 \times V_1 = 0.32 \times 50 \Rightarrow V_1 = 20 \text{ mL}$$

مثال شماره ۲: بر طبق واکنش زیر، اگر در تیتراسیون محلولی از NaOH، 50 میلی لیتر از محلول H_2SO_4 0.16 مولار مصرف شود، وزن سود موجود در نمونه چقدر است؟



روش اول:

H_2SO_4 مول 0.16 1000 میلی لیتر

X

50

X = 0.008 H_2SO_4 مول H_2SO_4 مول 1

2 مول NaOH

 0.008

X

X = 0.16 NaOH مول

1 مول NaOH

40 گرم NaOH

 0.16

X

X = 6.4 NaOH گرم

$$NV = \frac{g1000}{E} \Rightarrow NV = \frac{g1000}{\frac{M}{n}}$$

روش دوم:

N = نرمالیه اسید سولفوریک، (مولاریته اسید سولفوریک مشخص است که طبق فرمول

$N = C_M \times n$ میتوان نرمالیه آن را مشخص کرد. چون ظرفیت موثر اسید سولفوریک برابر دو

است، در نتیجه نرمالیه اسید سولفوریک برابر 0.32 نرمال است)

V = حجم اسید سولفوریک، 50 میلی لیتر

g = وزن سود، پارامتر مجهول

M = جرم ملکولی سود که برابر با 40 است

n = ظرفیت موثر سود که برابر یک است

$$NV = \frac{g1000}{M} \Rightarrow 0.32 \times 50 = \frac{g1000}{40} \Rightarrow g = \frac{0.32 \times 50 \times 40}{1000} \Rightarrow g = 0.64$$

جلسه چهارم) تیتراسیون اسید و باز

تعیین نرمالیت سود مجهول

هدف آزمایش:

مواد شیمیایی لازم	وسایل لازم
۱- اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال	۱- بورت ۵۰ میلی لیتری
۲- سود	۲- بالن ژوژه ۵۰ و ۱۰۰ میلی لیتری
۳- فنول فتالئین	۳- ارلن مایر ۲۵۰ میلی لیتری
	۴- ترازوی دقیق

۱) داخل بالن ژوژه ۱۰۰ میلی لیتر محلول اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال تهیه کنید.

۲) یک بورت ۵۰ میلی لیتری را ابتدا با آب مقطر و بعد با محلول اسیدی که تهیه کرده اید شستشو دهید و بوسیله گیره به پایه متصل کنید. آنگاه توسط قیف شیشه ای محلول اسید را داخل بورت بریزید و محلول را در صفر تنظیم کنید.

نکته: توجه داشته باشید که در نوک بورت حباب هوا وجود نداشته باشد. در صورتیکه چنین بود، شیر بورت را کمی باز کنید، تا نوک بورت از مایع پر شود. در موقع خواندن بورت چشم باید در امتداد سطح مایع باشد و عدد مقابل خط زیر سطح مقعر مایع باید خوانده شود.

۳) در یک ارلن مایر به وسیله یک پیپت ۲۵ میلی لیتری، دقیقاً ۲۵ میلی لیتر سود با غلظت مجهول بریزید.

۴) دو قطره معرف فنول فتالئین به ارلن اضافه کنید.

۵) ارلن مایر را زیر بورت قرار دهید و ضمن اینکه ارلن را توسط دست راست و بطور آهسته حرکت دورانی می دهید با دست چپ شیر بورت را باز کنید تا قطره قطره محلول اسید به محلول سود اضافه شود. این عمل را تا هنگامی که رنگ محلول داخل ارلن تغییر کند ادامه دهید. شیر بورت را ببندید، و حجم اسید مصرفی را از روی درجات بورت بخوانید.

حجم اسید مصرفی (mL)	Va
---------------------	----

محاسبات: نرمالیتة سود را محاسبه کنید.

برگ گزارش کار – آزمایش شماره ۱ – تیتراسیون اسید و باز

نام	
نام همکار	
تاریخ	
شماره مجهول	

$$V_a = \text{حجم اسید مصرفی (mL)}$$

$$V_b = 25\text{mL} = \text{حجم سود برداشته شده (mL)}$$

$$N_a = 0.1\text{N} = \text{غلظت اسید مصرفی (N)}$$

$$N_b = \text{غلظت سود مجهول (N)}$$

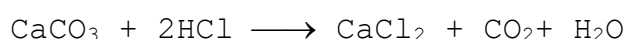
نمونه سئوالات تیتراسیون اسید و باز:

۱- چه حجم محلول اسید کلریدریک ۰/۶ مولار باید برداریم تا:

الف) ۰/۱۲۵ مول از HCl به دست آوریم؟

ب) ۰/۵ لیتر محلول HCl، ۰/۱ مولار تهیه کنیم؟

ج) با ۱/۵ گرم از CaCO_3 واکنش دهد؟



۲- برای خنثی کردن ۱/۲۵ گرم نمونه ناخالص $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ، ۲۹/۵ میلی لیتر محلول HCl، ۰/۶

مولار مورد نیاز است. درصد وزنی $\text{Mg}(\text{OH})_2$ در این نمونه ناخالص چقدر است؟

۳- پتاسیم هیدروژن فتالات ($\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$) بعنوان یک اسید تک پروتونی عمل می کند. اگر برای

خنثی کردن ۰/۶۳ گرم پتاسیم هیدروژن فتالات خالص ۲۷/۸ میلی لیتر محلول NaOH مورد نیاز

باشد، مولاریته محلول NaOH چقدر است؟

۴- فرمول اسید لاکتیک $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ است. برای خنثی کردن کامل ۰/۶۱۲ گرم اسید لاکتیک خالص

۳۹/۳ میلی لیتر محلول NaOH، ۰/۱۷۳ نرمال مورد نیاز است.

الف) اکی والان گرم (E) اسید چقدر است؟

ب) هر ملکول اسید لاکتیک چند هیدروژن اسیدی دارد؟

جلسه پنجم) تیتراسیون تشکیل رسوب

اگر چه روشهای تیتراسیون رسوبی توسعه زیادی یافته‌اند، ولی تیتراسیون یونهای هالید (Cl^- و Br^-) با یون نقره از مهمترین آنها به شمار می‌روند. در این تیتراسیونها نیترات نقره استفاده می‌شود و در طول زمان تیتراسیون یک رسوب (مانند AgCl) ایجاد می‌گردد.

در این روش یون کلرید با نیترات نقره در حضور معرف کرومات (CrO_4^{2-}) تیترا می‌گردد. هنگامی که رسوب شدن یون کلرید به صورت AgCl کامل شود، اولین مقدار اضافی یون Ag^+ با کرومات واکنش داده و رسوب قرمز آجری نقره کرومات (Ag_2CrO_4) تشکیل می‌گردد.



قرمز آجری

عنوان آزمایش: تیتراسیون رسوبی

هدف آزمایش: اندازه‌گیری غلظت نمک (NaCl) توسط مملول نیترات نقره (AgNO_3)

مواد شیمیایی لازم	
نیترات نقره	بالن ژوژه، ۱۰۰ میلی لیتری
معرف کرومات پتاسیم	بورت ۵۰ میلی لیتری
	پیپت حبابدار ۲۵ میلی لیتری
	ارلن ۱۰۰ میلی لیتری
	قیف شیشه‌ای

شرح آزمایش:

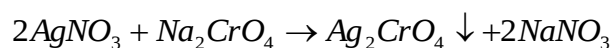
- ۱- داخل یک بالن ژوژه، ۱۰۰ ml محلول AgNO_3 ۰/۰۵M تهیه کنید.
- ۲- بورت را با AgNO_3 تهیه شده پر کنید.
- ۳- توسط یک پیپت حبابدار ۲۵ ml از محلول NaCl را برداشته و داخل ارلن بریزید.
- ۴- توسط قطره چکان ۲۰ قطره معرف کرومات پتاسیم (K_2CrO_4) به ارلن اضافه کنید.
- ۵- ارلن را زیر بورت قرار داده و با باز کردن شیر بورت تیتراسیون را انجام دهید.
- ۶- به محض تشکیل رسوب قرمز آجری فوراً شیر بورت را بسته و حجم تیترا کننده مصرفی را از روی بورت یادداشت کنید.

محاسبات:

- ۱- غلظت محلول NaCl را محاسبه کنید.
- ۲- وزن NaCl موجود در نمونه را محاسبه کنید.

سئوالات:

- (۱) در صورتی که برای واکنش کامل ۲۵/۶ml محلول Na_2CrO_4 ، ۴۳ml محلول AgNO_3 ، ۰/۱۵ مولار لازم باشد مولاریته این محلول چقدر است؟

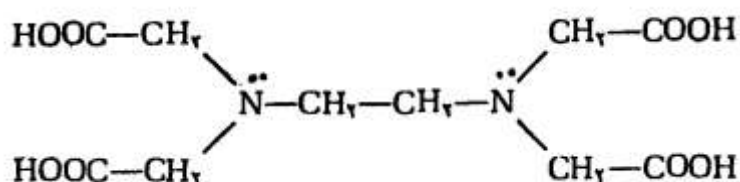


- (۲) در یک نمونه ۵ گرمی NaNO_3 مقداری NaCl به صورت ناخالص وجود دارد. برای رسوب دادن کامل کلرید موجود در این محلول ۱۵/۳ml محلول ۰/۰۵ مولار AgNO_3 مورد نیاز است.
- الف) وزن NaCl موجود در این نمونه چقدر است؟
- ب) درصد وزنی NaCl در این ترکیب چقدر است؟

جلسه ششم) تیتراسیون تشکیل کمپلکس

بسیاری از یونهای فلزی با گروههایی که دارای زوج الکترون هستند یونهای کمپلکس بوجود می‌آورند. گروهی را که الکترون خود را به طور یک جانبه در اختیار یون فلزی قرار می‌دهد لیگاند گویند. لیگاندها را بسته به اینکه چند اتم کئوردینانس شونده دارند، به لیگاندهای یک دندانه، دودندانه و ... تقسیم می‌کنند. به عنوان مثال گروههای CN^- ، Cl^- ، NH_3 ، OH_2 که فقط از یک مکان خود کئوردینه می‌شوند لیگاندهای یک دندانه هستند. گروههای اتیلندی آمین که از دو مکان خود کئوردینه می‌شود یک لیگاند دو دندانه است.

لیگاند دو دندانه $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$

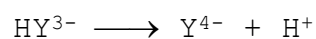
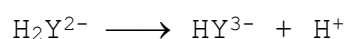
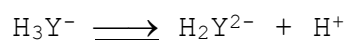
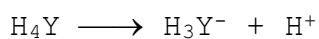


اتیلن دی آمین تترا استیک اسید (EDTA) یک لیگاند شش دندانه

نکات مهم در مورد EDTA:

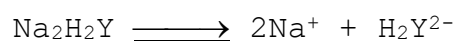
(۱) تقریباً تمام فلزات موجود در جدول تناوبی (بجز فلزات قلیایی، پلاتین، یونهای کوچک با بار زیاد مثل بور و بریلیوم) را می‌توان توسط محلول EDTA تعیین مقدار کرد.

(۲) این جسم اسیدی است ضعیف که در چهار مرحله و بصورت زیر تفکیک می‌شود. جهت سهولت تمام اتمهای وسط ملکول که به این چهار هیدروژن اسیدی (هیدروژنهای موجود در گروه COOH) متصل هستند را بصورت Y نشان می‌دهیم. به همین دلیل EDTA را بصورت H_4Y نمایش می‌دهیم.

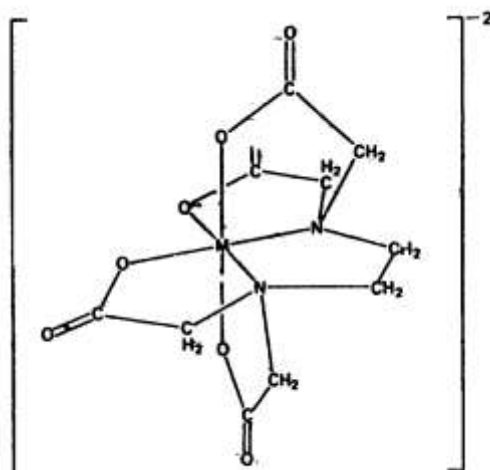


بر حسب تابعی از pH، پنج گونه محتوی EDTA می‌توانند در یک محلول آبی وجود داشته باشند. مقدار نسبی هر گونه در یک محلول معین بستگی به pH دارد. آشکار است که H_2Y^{2-} فراوانترین گونه در محیط اسیدی ملایم (pH ۳ الی ۶) است. در گستره pH بین ۶ الی ۱۰، HY^{3-} جزء عمده است. فقط در pH های بالاتر از ۱۰ است که Y^{4-} به صورت جزء سازنده اصلی در محلول ظاهر می‌شود.

(۳) این ترکیب یک آمینو اسید است که چون در آب غیرمحلول می‌باشد نمک سدیم آن (معمولاً نمک دی سدیم، $Na_2H_2Y \cdot 2H_2O$) مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای سهولت این نمک را به صورت Na_2H_2Y نمایش می‌دهند که مطابق فرمول زیر در آب تفکیک می‌شود:



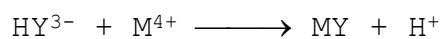
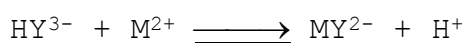
(۴) لیگاند EDTA، یک لیگاند شش دندانه است و می‌تواند با یونهای فلزی کمپلکسهای شش کنوردینه هشت وجهی (شکل ۷) ایجاد کند.



شکل (۷) - ساختمان یک کی‌لایت فلز-EDTA

(۵) EDTA با یونهای فلزی تولید کمپلکسهای ۱:۱ می‌کند. یعنی یک مول EDTA با یک مول از یون فلزی واکنش داده و یک مول کمپلکس ایجاد می‌کند. این نکته جهت محاسبه مقدار یون فلزی که

توسط EDTA تعیین می‌شود، اهمیت دارد. در محلول قلیایی، می‌توان این واکنشها را به صورت زیر فرمولبندی کرد:



تیتراسیون تشکیل کمپلکس

در این نوع تیتراسیون، به محلول یون فلزی که هدف اندازه‌گیری آن می‌باشد، به اندازه لازم محلول تامپون اضافه می‌شود تا pH محلول به مقدار مناسب برسد (برای مثال به pH=۱۰ برسد). سپس محلول EDTA از طریق بورت قطره قطره به آن اضافه شده و محلول تیترا می‌گردد. در نقطه اکیوالان غلظت یون فلزی به طور ناگهانی کاهش می‌یابد و این موضوع توسط تغییر رنگ شناساگری که به کار برده شده است، قابل تشخیص است .

شناساگرهای (نگی) تیتراسیونهای تشکیل کمپلکس

این شناساگرها عوامل کمپلکس کننده‌ای هستند که رنگ آنها با محلول مواد به کار رفته (مثلاً EDTA، محلول تامپون و احیاناً سایر معرفهای لازم) فرق داشته و با یونهای فلزی تولید یک کمپلکس رنگی می‌نمایند، که پایداری آن از کمپلکس آن فلز با عامل کمپلکس کننده به کار رفته به عنوان استاندارد (مثلاً EDTA) کمتر است. لذا تا مادامی که هنوز فلز در محلول وجود دارد، رنگ کمپلکس شناساگر - فلز مشهود است، ولی به محض تیترا شدن یونهای فلزی و تمام آنها، EDTA اضافی فلز را از کمپلکس آن با شناساگر خارج کرده و تغییر رنگ صورت می‌گیرد.

یکی از معرفهای مورد استفاده در تیتراسیون تشکیل کمپلکس، اریوکریم بلاکتی می‌باشد. در نقطه پایانی تغییر رنگ از قرمز به آبی صورت می‌گیرد. معرف دیگری که مورد استفاده قرار می‌گیرد موراکساید می‌باشد. موراکساید را می‌توان برای تیتراسیون مستقیم کلسیم با EDTA در pH=۱۱ به کار برد. تغییر رنگ انتهای تیتراسیون از قرمز به آبی مایل به بنفش می‌باشد. محلول آبگین موراکساید ناپایدار است، بنابراین، باید برای هر بار تیتراسیون آن را تازه تهیه کرد. میتوان از این معرف بصورت جامد نیز استفاده کرد.



تعیین سفتی آب توسط تیتراسیونهای تشکیل کمپلکس

آب یکی از فراوان‌ترین ترکیبات زمین است و از آن به عنوان بزرگترین حلال شیمیائی یاد شده است. آب یکی از اساسی‌ترین تشکیل دهنده بافت‌های بدن می‌باشد و یکی از پایدارترین ترکیباتی است که در طبیعت یافت می‌شود و به عنوان ضروری‌ترین عامل حیات و فیزیولوژی بدن شناخته شده است. بدون آب کلیه اعمال حیاتی انسانی متوقف خواهد شد. آبها بطور کلی به دو گروه تقسیم می‌شوند: آب‌های آشامیدنی و آب‌های صنعتی و کشاورزی.

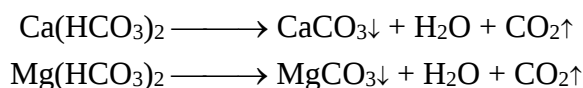
کیفیت آب‌های آشامیدنی با خواص فیزیکی و شیمیائی آن بیان می‌شود. این خواص عبارتند از: شفافیت، رنگ، بو، دما، نمک‌های محلول در آب، سختی و pH. در بین عوامل ذکر شده، نمک‌های محلول در آب که قسمتی از آنها سختی آب را ایجاد می‌کنند یکی از مهمترین عوامل است. کل نمک‌هایی که در آب موجودند، نشان دهنده ناخالصی‌های آلی و معدنی است.

تعریف سفتی آب^۱

سختی عبارت است از مجموع املاح کلسیم و منیزیم موجود در آب، خواه این املاح به صورت سولفات یا کلرور باشد و خواه به صورت کربنات و بیکربنات یا املاح دیگر باشد. سختی را برحسب میلی گرم در لیتر کربنات کلسیم اندازه‌گیری می‌کنند و آن را بر حسب ppmCaCO_3 (ppm = part per milion = mg/liter) نمایش داده می‌دهند.

برای آب سه نوع سختی در نظر گرفته شده است:

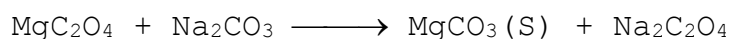
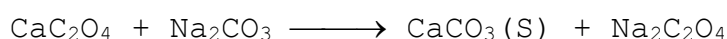
۱- **سختی موقت:** که به علت وجود بی‌کربنات‌های کلسیم و منیزیم است که در اثر جوشیدن به کربنات‌های نامحلول تبدیل می‌شوند و به صورت جامد ته نشین می‌گردند.



^۱Water hardness

۲- سختی دائم: شامل نمکهای دیگر کلسیم و منیزیم مانند کلرید، سولفات و نیترات کلسیم و منیزیم هستند که در اثر جوشیدن آب به صورت محلول باقی خواهند ماند، و برای حذف یا کاهش آنها باید از مواد شیمیائی استفاده کرد.

سختی دائم را نمی توان با حرارت از بین برد و برای از بین بردن آنها از یک سری ترکیبات شیمیایی مثل کربنات سدیم استفاده می شود.



CaC_2O_4 اگزالات کلسیم و MgC_2O_4 اگزالات منیزیم می باشد.

۳- سختی کل: مجموع سختیهای موقت و دائم را سختی کل می نامند.

جدول ۱- طبقه بندی آبها برحسب سختی آنها

نوع آب	سختی (برحسب CaCO_3 ppm)
نرم	۵-۵۰
نیمه سبک	۵۰-۱۰۰
نیمه سخت	۱۰۰-۲۰۰
سخت	۲۰۰-۳۰۰
خیلی سخت	> ۳۰۰

بهترین روش برای تعیین سختی آب استفاده از EDTA می باشد و چون معمولاً به دست آوردن سختی کل مورد نظر است، این عمل با تیتراسیون در حضور شناساگر اریوکریم بلاک تی انجام می شود. در صورتی که تعیین سختی مربوط به کلسیم و سختی مربوط به منیزیم به طور جداگانه مورد نظر باشد می توان به نحوی منیزیم را در محیط عمل استتار کرد. ماده استتار کننده سود می باشد:



با توجه به این که در محیط عمل سود می‌ریزیم پس pH باید از ۱۲ بالاتر باشد. در اینجا معرف دیگر اریوکروم بلاک تی نیست. در این محیط از یک معرف جامد به نام مورکسید استفاده می‌کنیم .

شرح آزمایش:**مرحله اول: اندازه‌گیری سفتی کل آب شهر به کمک EDTA**

- (۱) ۵۰ میلی‌لیتر آب شهر را توسط پی‌پت برداشته در ارلن بریزید .
- (۲) به محلول داخل ارلن، ۱ میلی لیتر بافر آمونیاکی و ۵ تا ۱۰ قطره معرف اریوکروم بلاک تی اضافه کنید .
- (۳) بورت را با محلول EDTA پر کرده و تیتراسیون را انجام دهید. حجم EDTA مصرفی را از روی بورت یادداشت کنید.

مرحله دوم: تعیین سفتی کلسیم در غیاب منیزیم

- (۱) ۵۰ میلی‌لیتر آب شهر را توسط پی‌پت برداشته در ارلن بریزید .
- (۲) به محلول داخل ارلن ۱۵ میلی‌لیتر محلول سود (NaOH)، ۱ مولار و سپس یک سر اسپاتول معرف جامد مورکسید اضافه کنید .
- (۳) بورت را با محلول EDTA پر کرده و تیتراسیون را انجام دهید. حجم EDTA مصرفی را از روی بورت یادداشت کنید.

حجم EDTA مصرفی در مرحله دوم (mL)	حجم EDTA مصرفی در مرحله اول (mL)

محاسبات:

- سختی کل آب را بصورت CaCO_3 ppm (میلی گرم CaCO_3 در لیتر محلول) گزارش کنید .
- مقدار کلسیم را به صورت CaCO_3 ppm (میلی گرم CaCO_3 در لیتر محلول) گزارش کنید .

روش انجام محاسبات:

اگر برای تیتراسیون ۵۰ mL آب شهر ۲۰ میلی لیتر محلول EDTA ۰/۰۱ مولار مصرف شود. بصورت زیر میتوان سختی آب را برحسب ppmCaCO₃ محاسبه نمود.

(۱) تعداد مولهای EDTA مصرف شده:

$$\begin{array}{ccc} \text{EDTA مول } 0.01 & 1000 \text{ mL} & \\ X & 20 & \text{X} = 20 \times 10^{-3} \text{ mol EDTA} \end{array}$$

(۲) تعداد مولهای CaCO₃:

$$\begin{array}{ccc} \text{EDTA مول } 0.01 & \text{CaCO}_3 \text{ مول } 1 & \\ 20 \times 10^{-3} & X & \text{X} = 20 \times 10^{-3} \text{ mol CaCO}_3 \end{array}$$

(۳) مقدار گرم CaCO₃:

$$\begin{array}{ccc} \text{CaCO}_3 \text{ مول } 1 & \text{CaCO}_3 \text{ گرم } 100 & \\ 20 \times 10^{-3} & X & \text{X} = 20 \times 10^{-3} \text{ gr CaCO}_3 \end{array}$$

(۴) مقدار میلی گرم CaCO₃:

$$\begin{array}{ccc} \text{CaCO}_3 \text{ گرم } 1 & \text{CaCO}_3 \text{ میلی گرم } 1000 & \\ 20 \times 10^{-3} & X & \text{X} = 20 \text{ mg CaCO}_3 \end{array}$$

(۵) مقدار میلی گرم CaCO₃ در هر لیتر آب:

$$\begin{array}{ccc} \text{CaCO}_3 \text{ میلی گرم } 20 & 50 \text{ mL} & \\ X & 1000 & \text{X} = 400 \text{ mg CaCO}_3/\text{lit} \end{array}$$

برگ گزارش کار – آزمایش شماره ۸ – تیتراسیونهای تشکیل کمپلکس

نام	
نام همکار	
تاریخ	

= حجم EDTA مصرفی در مرحله اول (mL)

= حجم EDTA مصرفی در مرحله دوم (mL)

= سختی کل آب (ppm CaCO_3)

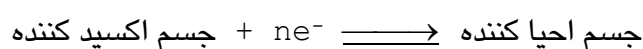
مقدار کلسیم (ppm CaCO_3)

سؤالات تیتراسیونهای تشکیل کمپلکس:

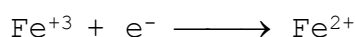
- (۱) سختی ۵۰ ml نمونه آبی که توسط ۱۰ ml EDTA ۰/۰۱ مولار تیتر شده است را بر حسب $\text{mgCaCO}_3/\text{lit}$ گزارش دهید؟
- (۲) در اندازه‌گیری سختی ۱۰۰ ml از یک نمونه آب که سختی آن ۴۵۰ ppm می‌باشد، چه حجم از تیترانت ۰/۰۱ M مورد نیاز است؟
- (۳) ۱۰۰ mL از یک نمونه آب قبل از جوشاندن توسط ۱۵/۷ mL محلول EDTA ۰/۱ مولار در حضور معرف اریوکریم بلک‌تی به ختم عمل می‌رسد و بعد از جوشاندن تیتراسیون توسط ۱۱/۸ میلی‌لیتر از محلول EDTA در حضور اریوکریم بلک‌تی به ختم عمل می‌رسد. سختی موقت این نمونه آب را محاسبه کنید؟

جلسه هفتم) تیتراسیون اکسایش احیا

واکنشهای اکسایش احیا بر اساس انتقال الکترون هستند. اگر یک اتم یا یک ملکول و یا یک یون، الکترون دریافت نماید احیا و اگر الکترون از دست بدهد اکسید می‌گردد. جسمی که اکسید می‌شود الکترونها را برای جسم دیگر فراهم کرده و آنرا احیا می‌کند بهمین خاطر به آن احیاکننده گویند. جسمی که احیا می‌شود الکترونها را از جسم دیگر دریافت می‌کند و آنرا اکسید می‌کند بهمین خاطر به آن اکسید کننده گویند. بنابر این، رابطه زیر بین دو جزء اکسید کننده و احیا کننده برقرار است:



مانند نیم واکنش اکسایش احیای یون آهن که به صورت زیر نوشته می‌شود.



در تیتراسیون اکسایش - احیایی، یک جسم احیا کننده را می‌توان توسط محلول یک جسم اکسید کننده تیترا نمود. عکس این عمل نیز صادق است، یعنی یک جسم اکسید کننده را می‌توان توسط محلول یک جسم احیا کننده تیترا نمود.

اکسید کننده‌های مهم که از محلول استاندارد آنها در تیتراسیونهای اکسایش - احیا استفاده می‌شود، عبارتند از ید، پتاسیم پرمنگنات، پتاسیم بیکرومات و پتاسیم یدات.

احیا کننده‌های مهم عبارتند از: سدیم تیوسولفات که محلول آن در یدومتري^۱ به کار می‌رود و محلول انیدرید آرسینو As_2O_3 که برای سنجش محلول ید به کار برده می‌شود. بعضی از واکنشهای اکسایش - احیا را بر حسب نام تیتراکننده به کار برده شده نامگذاری نموده‌اند که عبارتند از:

۱- **مگانومتري^۲**: اساس این روش واکنش اکسیداسیون با پتاسیم پرمنگنات یعنی در این روش از محلول پتاسیم پرمنگنات استفاده می‌شود.

۲- **یدسنجی یا یدومتري**: این روش بر اساس اکسیداسیون توسط ید آزاد یا احیا توسط یون I^- پایه‌گذاری شده است. یعنی یک جسم مجهول را می‌توان با محلول استاندارد ید در مجاورت معرف چسب نشاسته اندازه‌گیری کرد.

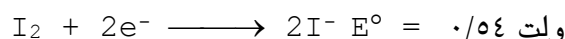
^۱Iodimetry

^۲Permanganometry

۳- کروماتومتری: در این روش یک جسم احیا کننده توسط محلول استاندارد پتاسیم بیکرومات اکسید شده و تعیین مقدار می شود.

یدومتري

ید جسمی است که دارای خاصیت اکسید کنندگی نسبتاً ضعیفی است.



همچنین، در صورتی که پتانسیل اکسیداسیون استاندارد سیستم $\text{I}_2/2\text{I}^-$ را در جدول پتانسیل استاندارد مشاهده کنیم، ملاحظه می شود که این سیستم در وسط جدول قرار دارد (جدول ۲ را مطالعه کنید)، و این بدان معنی است که:

- ۱- تعداد زیادی عوامل احیا کننده موجود است که می توان آنها را توسط ید آزاد اکسید کرد و بنابر این، آنها را تعیین مقدار نمود. این عوامل پتانسیلی کمتر از ۰/۵۴ ولت دارند.
- ۲- تعداد زیادی عوامل اکسید کننده وجود دارند، که پتانسیل استاندارد آنها بیشتر از ۰/۵۴ ولت است، بنابر این، می توان آنها را توسط احیا با یون I^- تعیین مقدار نمود. به همین دلایل در شیمی تجزیه کمی از یدومتري به اندازه زیادی استفاده می شود.

تیتراسیونهای یدومتري به طور کلی به دو دسته تقسیم می شوند. در دسته اول، اجسامی که دارای پتانسیل اکسیداسیون پایینتر از سیستم $\text{I}_2/2\text{I}^-$ هستند به سادگی توسط این جسم اکسید می گردند. این اجسام را می توان توسط تیتراسیون با محلول ید اندازه گرفت. این روش را روش مستقیم گویند و برای اندازه گیری عوامل احیا کننده مثل، سولفیتها، تیوسولفاتها، آرسنیتها و قلع (II) مورد استفاده قرار می گیرد.

در دسته دوم، اجسامی که پتانسیل اکسیداسیون آنها بیشتر از پتانسیل سیستم $\text{I}_2/2\text{I}^-$ باشد، می توانند I^- را به I_2 تبدیل کنند. برای اندازه گیری این اجسام می توان مقدار ید آزاد شده را با محلول سدیم تیوسولفات تیترا نمود. این روش را روش غیرمستقیم گویند، و برای تعیین مقدار اکسید کننده هایی چون کلر، برم، یدات، مس (II) و آهن (III) و سرب و ... مورد استفاده قرار می گیرد.

بنابر این، در روش غیرمستقیم که بیشتر استفاده می شود، مقدار یدی که از پتاسیم یدید توسط یک جسم اکسید کننده (جسم مورد اندازه گیری) در محیط اسیدی آزاد می گردد، توسط محلول سدیم تیوسولفات اندازه گیری می شود. محلول سدیم تیوسولفات مصرف شده برای

تیتراسیون معادل مقدار ید آزاد شده است، و مقدار ید آزاد شده نیز معادل مقدار جسم اکسید کننده مورد اندازه گیری است. از این رو مقدار جسم اکسیدکننده به طور غیرمستقیم از طریق اندازه گیری مقدار ید با تیوسولفات سدیم استاندارد تعیین می گردد .

شناساگر خاتمه عمل در یدومتري

رنگ محلول ید در پتانسیم یدید قهوه ای بوده و در غلظتهای بسیار کم، رنگ زرد کهربایی پیدا می کنند که توسط چشم قابل تشخیص می باشد یعنی در پاره ای از تیتراسیونها بدون استفاده از شناساگر می توان خاتمه عمل را توسط همین رنگ زرد و یا از بین رفتن آن در محیط اسیدی تشخیص داد، ولی در محلولهای رنگی یا هنگامی که رسوبی در محیط ظاهر می شود، یا اگر بخواهیم دقت بیشتری در تشخیص خاتمه عمل داشته باشیم از شناساگر مخصوص یدومتري استفاده می شود این شناساگر ویژه محلول شناساگر ویژه محلول نشاسته است، که علت تغییر رنگ این جسم را باید تشکیل کمپلکس ید و نشاسته دانست که رنگ آبی تند ایجاد می کند .

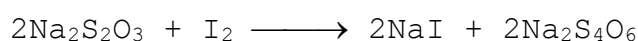
برای هر ۵۰ تا ۱۰۰ میلی لیتر محلول مورد آزمایش، ۵ میلی لیتر نشاسته کافی است. باید توجه داشت که محلول نشاسته نباید از اول تیتراسیون به محلول اضافه شود بلکه باید ابتدا عمل تیتراسیون را شروع کرد تا رنگ کمرنگ ایجاد شود، سپس محلول نشاسته به آن افزوده شده و تیتراسیون تا از بین رفتن رنگ زرد و ایجاد رنگ آبی ادامه می یابد. اگر غلظت ید زیاد باشد ممکن است نشاسته تجزیه شود، از طرف دیگر چون ملکول نشاسته بزرگ است ممکن است مقادیری از ید در فضاهای آن باقی بماند و تیترا نشوند. لذا محلول نشاسته تقریباً نزدیک نقطه پایان اضافه می شود.

جدول ۲- پتانسیل احیا استاندارد

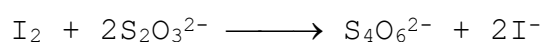
$\text{Ce}^{4+} + \text{e}^{-}$	$\longrightarrow$	Ce^{3+}	$E^{\circ} = +1.55 \text{ V}$
$\text{IO}_3^{-} + 6\text{H}^{+} + 6\text{e}^{-}$	$\longrightarrow$	$\text{I}^{-} + 3\text{H}_2\text{O}$	$E^{\circ} = +1.08 \text{ V}$
$\text{Ag}^{+} + \text{e}^{-}$	$\longrightarrow$	Ag (s)	$E^{\circ} = +0.80 \text{ V}$
$\text{Fe}^{3+} + \text{e}^{-}$	$\longrightarrow$	Fe^{2+}	$E^{\circ} = +0.77 \text{ V}$
$\text{I}_2 (\text{S}) + 2\text{e}^{-}$	$\longrightarrow$	2I^{-}	$E^{\circ} = +0.54 \text{ V}$
$\text{Cu}^{+} + \text{e}^{-}$	$\longrightarrow$	Cu (s)	$E^{\circ} = +0.52 \text{ V}$
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^{-}$	$\longrightarrow$	Cu^{+}	$E^{\circ} = +0.34 \text{ V}$

$\text{Cu}^{2+} + \text{e}^{-}$	$\longrightarrow$	Cu^{+}	$E^{\circ} = +0.17 \text{ V}$
$\text{Sn}^{4+} + 2\text{e}^{-}$	$\longrightarrow$	Sn^{2+}	$E^{\circ} = +0.15 \text{ V}$
$\text{S}_4\text{O}_6^{2-} + 2\text{e}^{-}$	$\longrightarrow$	$2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	$E^{\circ} = +0.08 \text{ V}$
$\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^{-}$	$\longrightarrow$	Pb (s)	$E^{\circ} = -0.13 \text{ V}$

برای تهیه محلول سدیم تیوسولفات با نرمالیه مشخص باید از واکنش اکسایش - احیا که ید در آن شرکت دارد مطلع بود. واکنش اتفاق افتاده در این حالت به صورت زیر است:

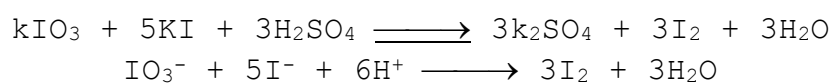


ترکیب $\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$ که در واکنش فوق حاصل می‌شود، سدیم تتراتیونات نام دارد. واکنش فوق مهمترین واکنش یدومتری است که به صورت یونی به ترتیب زیر نوشته می‌شود:



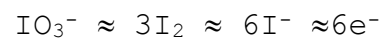
این معادله نشان می‌دهد که دو یون $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ فقط با دو الکترون اضافی به یک یون $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ تبدیل می‌شود. لذا وزن اکیوالانی سدیم تیوسولفات مساوی وزن ملکولی آن است.

محلول یدات پتاسیم در مقابل کمترین مقدار یون هیدروژن (محیط اسیدی ضعیف) به سرعت با پتاسیم یدید واکنش داده و ید آزاد می‌کند به همین علت می‌توان از این ترکیب جهت تیتراسیون سدیم تیوسولفات استفاده نمود واکنش اتفاق افتاده به صورت کامل و یونی در زیر نشان داده شده است.



معادله فوق نشان می‌دهد که یونهای هیدروژن مصرف شده و معادل آن ید آزاد می‌شود، سپس این ید آزاد شده با تیوسولفات تیتر می‌شود. حال اگر محلول پتاسیم یدات دقیقاً غلظت معلوم داشته باشد می‌توان غلظت تیوسولفات را دقیقاً تعیین کرد. برعکس این هم ممکن است، اگر محلول تیوسولفات دقیقاً استاندارد باشد، می‌توان غلظت یک نمونه مجهول پتاسیم یدات را تعیین کرد.

رابطه فوق نشان می‌دهد که وزن اکیوالان پتاسیم یدات یک ششم وزن مولکولی آن است.



روش انجام آزمایش: تعیین غلظت تیوسولفات سدیم توسط یدات پتاسیم (KIO_3)

- (۱) ۵۰ میلی لیتر محلول KIO_3 ، ۰/۱ نرمال تهیه کنید .
نکته: ظرفیت موثر پتاسیم یدات در این آزمایش برابر با شش است.
- (۲) ۲۵ میلی لیتر از محلول KIO_3 را در ارلن ریخته به آن ۳ گرم KI و سپس ۵/۷ میلی لیتر محلول H_2SO_4 ۲N اضافه کنید .
- (۳) بورت را با محلول تیوسولفات سدیم ($S_2O_3^{2-}$) که غلظت آن مجهول است پر کرده و تیتراسیون را تا ایجاد رنگ زرد کم رنگ انجام دهید .
- (۴) ۱۰ قطره چسب نشانسته افزوده، تیتراسیون را تا بی رنگ شدن محلول ادامه دهید .

مماسبات:

- نرمالیتة دقیق تیوسولفات را گزارش کنید .

برگ گزارش کار – آزمایش شماره ۷ – تیتراسیون اکسایش – احیا

نام	
نام همکار	
تاریخ	
شماره مجهول	

$$V_1 = \text{حجم تیوسولفات مصرفی (mL)}$$

$$V_2 = 25\text{mL} = \text{حجم یدات پتاسیم برداشته شده (mL)}$$

$$N_2 = 0.1\text{N} = \text{غلظت یدات پتاسیم (N)}$$

$$N_1 = \text{غلظت تیوسولفات مجهول (N)}$$

جلسه هشتم) تعیین جرم ملکولی با استفاده از نزول نقطه انجماد

آن دسته از خواص محلولها که به غلظت ذرات حل شده بستگی دارند نه به ماهیت آنها خواص جمعی (کولیگاتیو) نامیده می‌شوند. این خواص در حالتی که ماده حل شده غیر فرار باشد عبارتند از: کاهش فشار بخار، کاهش دمای انجماد، افزایش دمای جوش و افزایش فشار اسمزی.

یکی از راههای اندازه‌گیری جرم ملکولی مواد استفاده از کاهش دمای انجماد است که در این آزمایش مورد استفاده قرار می‌گیرد. در دمای انجماد، دمای سیستم مایع- جامد ثابت باقی می‌ماند تا تمام مایع منجمد شود. انحلال یک ماده غیر فرار در یک حلال موجب می‌شود که فشار بخار حلال پائین بیاید و در نتیجه دمای انجماد حلال کاهش می‌یابد. چون اندازه کاهش دمای انجماد بستگی به تعداد ذرات مواد حل شونده دارد، برای موادی که یونیزه نمی‌وند کاهش دمای انجماد به تعداد مولهای ماده حل شونده بستگی خواهد داشت. و به طور کلی اگر مقدار مشخصی از یک جسم را در مقدار مشخصی از حلال حل نمائیم نقطه انجماد محلول پائین‌تر از نقطه انجماد حلال خالص خواهد بود.

$$\Delta T_f = T_f^0 - T_f = mK_f$$

$$T_f^0 = \text{نقطه انجماد حلال خالص}$$

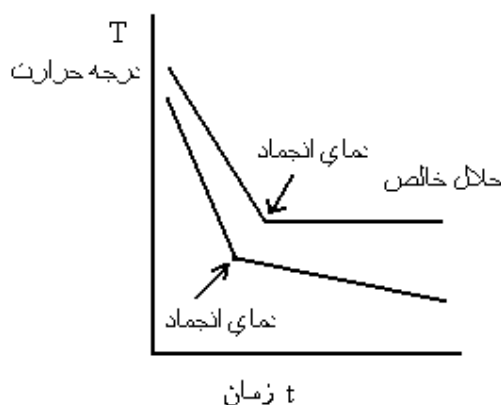
$$T_f = \text{نقطه انجماد محلول}$$

$$K_f = \text{ثابت نزول نقطه انجماد حلال که جزء خواص مشخصه حلال است}$$

$$m = \text{مولالیت، تعداد مولهای ماده حل شونده در یک کیلو گرم (هزار گرم) حلال}$$

دمای انجماد یک مایع را می‌توان با اندازه‌گیری تغییرات دما، هنگام سرد شدن آن، نسبت به زمان بدست آورد. یک ماده خالص در دمایی ثابت منجمد می‌شود در حالی که یک محلول، اولاً دمای انجماد پائین‌تر از حلال دارد و ثانیاً در طول انجماد دمای آن ثابت نمی‌ماند.

منحنی تغییرات درجه حرارت برحسب زمان وقتی که مایعی سرد می‌شود در زیر نشان داده شده است. نقطه انجماد یک مایع یا یک محلول درجه حرارتی است که در آن منحنی شکستگی پیدا می‌کند.



مثال:

K_f برای حلال بنزن $5.12^\circ\text{C Kg/mol}$ است. محلولی از 1.08 گرم از یک ماده مجهول در 10.02 گرم بنزن، نقطه انجماد بنزن را 4.06°C کاهش می‌دهد. جرم ملکولی ماده مجهول را تعیین کنید.

$$\Delta T_f = T_f^\circ - T_f = mK_f$$

$$4.06^\circ\text{C} = m \times 5.12^\circ\text{C Kg/mol} \Rightarrow m = 0.79 \text{ mol/Kg} \quad \text{مولالیتة محلول}$$

مولالیتة یعنی تعداد مولهای ماده حل شونده در هر هزار گرم حلال، پس با یک نسبت ساده می‌توان تعداد مولهای حل شونده را در 10.02 گرم حلال محاسبه کرد.

1000 گرم حلال (بنزن) 0.79 مول حل شونده

X

10.02 گرم حلال

مول $10^{-2} \times 7/91 = X$

تعداد مولهای ماده حل شونده در 10.02 گرم حلال (بنزن)

۱/۰۸ گرم حل شونده برداشته شده که این مقدار حل شونده برابر $7/91 \times 10^{-3}$ مول می باشد. پس می توان وزن هر مول حل شونده که همان جرم ملکولی حل شونده می باشد را حساب کرد.

$$\frac{1/08 \text{ گرم حل شونده}}{7/91 \times 10^{-3} \text{ مول}} = \frac{X}{1 \text{ مول}}$$

مول $x = 136/5$

جرم ملکولی ماده حل شونده

شرح آزمایش:

وسایل لازم:	مواد شیمیایی لازم:
لوله آزمایش بزرگ	نفتالین
بشر ۶۰۰ میلی لیتری	گوگرد
دماسنج	استون
کرنومتر	

الف) تعیین نقطه انجماد نفتالین

(۱) یک لوله آزمایش بزرگ برداشته آنرا شسته و با آب مقطر کر دهید. سپس با استون آنرا کر دهید تا سریعتر خشک شود.

(۲) حدود ۴ گرم نفتالین را با دقت وزن کرده و در لوله آزمایش بریزید. (دقت کنید نفتالین با دستتان تماس پیدا نکند و در صورت تماس بلافاصله با آب و صابون بشوئید).

(۳) ۴۰۰ میلی لیتر آب را در یک بشر ۶۰۰ میلی لیتری بجوش آورده و لوله محتوی نفتالین را در آن بگذارید. لوله را توسط گیره مخصوص لوله بگیرید.

۴) دماسنج خشک را در لوله آزمایش محتوی نفتالین قرار دهید و از آن جهت همزدن آرام مایع نفتالین استفاده کنید.

۵) وقتی دمای مایع نفتالین به ۹۰ درجه رسید، لوله آزمایش و دماسنج را از حمام آبی خارج کنید.

۶) مایع نفتالین را مرتب به وسیله دماسنج بهمزده و هر ۱۵ ثانیه یکبار درجه حرارت را یادداشت کنید. تا جاییکه به همزدن نفتالین مشکل شود درجه حرارت به مدت ۲ دقیقه ثابت بماند.

زمان (s)	صفر	۱۵	۳۰	۴۵	۶۰	۷۵	۹۰	۱۰۵	۱۲۰
دما (°C)									

ب) تعیین جرم ملکولی گوگرد:

۱) حدود ۰/۵ گرم گوگرد را با دقت وزن کرده و آنرا به نفتالین درون لوله آزمایش اضافه کنید.
۲) آب درون بشر را دوباره گرم کنید تا به جوش آید. لوله محتوی نفتالین و گوگرد را در آن بگذارید. لوله را توسط گیره مخصوص لوله بگیرید.

۳) دماسنج خشک و تمیز را در لوله آزمایش محتوی محلول قرار دهید و از آن جهت همزدن استفاده کنید.

۴) وقتی مخلوط کاملاً ذوب شد و دمای آن به ۹۰ درجه رسید، لوله آزمایش و دماسنج را از حمام آبی خارج کنید. محلول را مرتب به وسیله دماسنج بهمزده و هر ۱۵ ثانیه یکبار درجه حرارت را یادداشت کنید. تا جاییکه به همزدن محلول مشکل شود و درجه حرارت به مدت ۲ دقیقه ثابت بماند.

۵) در پایان آزمایش دماسنج را تمیز بشوئید و با آب مقطر کر دهید و خشک کنید. توجه داشته باشید که نفتالین را در دستشویی آزمایشگاه نریزید.

زمان (s)	صفر	۱۵	۳۰	۴۵	۶۰	۷۵	۹۰	۱۰۵	۱۲۰
دما (°C)									

ملاحظات:

(۱) هر دو منحنی تغییرات درجه حرارت نسبت به زمان را برای نفتالین خالص و محلول گوگرد در نفتالین رسم کنید. منحنی را روی کاغذ شطرنجی رسم کنید. نقطه شکستگی منحنی، دمای انجماد را نشان می‌دهد.

(۲) جرم ملکولی تجربی گوگرد را از روی نزول نقطه انجماد گوگرد در نفتالین را حساب کنید.

نکته: K_f یعنی ثابت نزول نقطه انجماد نفتالین $-۶/۹^{\circ}\text{C Kg/mol}$ می‌باشد.

جلسه نهم) کاتیون شناسی

شناسایی کاتیونهای گروه I (Ag^+ ، Hg_2^{2+} و Pb^{2+})

تجزیه کیفی شامل آزمایشهایی است که فقط برای شناسایی مواد بکار می‌رود و مقدار آن مهم نیست. در تجزیه کاتیونی محلول شامل مخلوطی از چند کاتیون، باید همه کاتیونهای محلول را شناسایی کنید، سپس باید:

الف) کاتیونها را یکی پس از دیگری بوسیله واکنشهای رسوبی از محلول جدا کرد.

ب) وقتی یک کاتیون جدا شد آنرا با آزمایشات مناسب شناسایی کرد.

به طور معمول کاتیونها به پنج گروه تقسیم می‌کنند. اساس گروه‌بندی خاصیت مشترکی است که چند کاتیون با یکدیگر دارند. برای آسان شدن شناسایی کاتیونها، چه در محلولهای تک کاتیونی و چه در محلولهای چند کاتیونی. ابتدا باید تعیین کرد که کاتیونها از کدام گروه هستند، سپس با توجه به این که در هر گروه فقط چند کاتیون وجود دارد به شناسایی آنها پرداخت.

گروه I – کاتیونهایی که با محلول HCl رسوب می‌دهند (Ag^+ ، Hg_2^{2+} و Pb^{2+}).

چون یونهای Ag^+ ، Hg_2^{2+} و Pb^{2+} کلریدهای غیر محلول تشکیل می‌دهند می‌توان با اضافه کردن اسید کلریدریک سرد و رقیق آنها را رسوب داد. فقط مقدار کمی Pb^{2+} به علت انحلال نسبی آن در محلول باقی می‌ماند. این گروه را گروه I یا گروه اسید کلریدریک می‌گویند.

گروه II – کاتیونهایی که در محلول اسید کلریدریکی با H_2S رسوب می‌دهند (As^{3+} ، Sn^{2+} ، Sb^{3+} ، Hg_2^{2+} ، Cu^{2+} ، Cd^{2+} و Bi^{3+}).

گروه III – کاتیونهایی که در محیط بازی با H_2S رسوب می‌دهند (Co^{2+} ، Ni^{2+} ، Zn^{2+} ، Fe^{2+} ، Cr^{3+} ، Al^{3+} و Fe^{3+}).

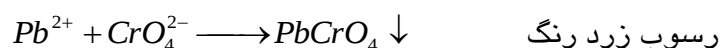
گروه IV – کاتیونهایی که با CO_3^{2-} یا HPO_4^{2-} رسوب می‌دهند (Mg^{2+} ، Ca^{2+} ، Sr^{2+} و Ba^{2+}).

گروه V - کاتیونهایی که با هیچ یک از واکنشگرهای گفته شده برای گروههای قبلی رسوب رسوب نمی‌دهند (K^+ و Na^+ , NH_4^+).

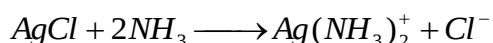
شناسایی کاتیونهای گروه I:

کاتیونهای این گروه توسط اسید کلریدریک سرد و رقیق رسوب کرده و از سایر یونهای فلزی جدا می‌شوند. رسوب گروه نقره شامل مخلوطی از $PbCl_2$, Hg_2Cl_2 و $AgCl$ است.

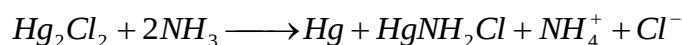
سپس به کمک آب جوش میتوان کلرید سرب را از سایر رسوبها جدا کرد زیرا انحلال آن در آب داغ حدود ۳ برابر بیشتر از انحلال در آب سرد می‌باشد. سرانجام با افزایش یون کرومات به محلول سرب و تشکیل رسوب زرد رنگ کرومات سرب، سرب را شناسایی می‌کنند.



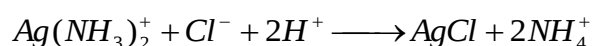
سپس برای تشخیص کاتیون جیوه یک ظرفیتی به رسوب محلول آمونیاک می‌افزایند و در نتیجه کلرید نقره با تشکیل کمپلکس حل می‌شود.



و کلرید جیوه (I) نیز به مرکوری آمیدو کلرید ($HgNH_2Cl$) سفید رنگ و ذرات ریز سیاه رنگ جیوه فلزی تبدیل می‌شود و رنگ حاصله بصورت خاکستری ظاهر می‌شود.



با افزودن اسید نیتریک به محلول آمونیاکی رسوب سفید رنگ $AgCl$ مجدداً ظاهر می‌شود.



روش کار:

- (۱) ۳ عدد لوله آزمایش را خوب شستشو داده و با آب مقطر کر دهید.
- (۲) از هر کدام از کاتیونهای گروه اول چهار قطره داخل یکی از لوله آزمایشها بریزید.
- (۳) داخل لوله آزمایش ۱۵ قطره اسید کلریدریک ۶ مولار بریزید، لوله را خوب تکان داده و سانتریفیوژ کنید.

(۴) محلول مرحله ۳ را دور بریزید.

تشخیص Pb^{2+} :

- (۵) به رسوب حاصل از مرحله ۳، ۲۰ قطره آب داغ اضافه کنید، لوله را خوب تکان داده و سانتریفیوژ کنید.

- (۶) محلول مرحله ۵ را داخل لوله آزمایش دیگری بریزید. و به آن ۲ قطره کرومات پتاسیم (K_2CrO_4) یک مولار اضافه کنید.

رسوب زرد رنگ $PbCrO_4$ وجود سرب را اثبات می‌کند.

تشخیص Hg_2^{2+} :

- (۷) به رسوب حاصل از مرحله ۵، ۳ قطره آمونیاک غلیظ اضافه کنید، لوله را خوب تکان داده و سانتریفیوژ کنید.

رسوب سیاه یا خاکستری وجود Hg_2^{2+} را اثبات می‌کند.

- (۸) محلول مرحله ۷ را داخل لوله آزمایش دیگری بریزید.

تشخیص Ag^+ :

- (۹) به محلول حاصل از مرحله ۸، ۳ قطره اسید نیتریک ۴ مولار اضافه کنید، لوله را خوب تکان دهید.

رسوب سفید رنگ $AgCl$ وجود Ag^+ را اثبات می‌کند.

- (۱۰) بر روی نمونه مجهول مراحل ۳ تا ۹ را انجام دهید و از روی رنگ رسوبهای حاصله کاتیونهای موجود در مجهول را گزارش کنید.

رنگ رسوب تشکیل شده	رنگ رسوب تشکیل شده	رنگ رسوب تشکیل شده
--------------------	--------------------	--------------------

--	--	--

برگ گزارش کار – آزمایش شماره ۷- شناسایی کاتیونها

نام	
نام همکار	
تاریخ	

= رنگ رسوب تشکیل شده

= رنگ رسوب تشکیل شده

= رنگ رسوب تشکیل شده

= کاتیون موجود در مجهول

= کاتیون موجود در مجهول

= کاتیون موجود در مجهول

مسائل:

۱- معادله یونی و موازنه شده واکنشهای زیر را بنویسید:

الف) تشکیل رسوب از مخلوط شدن محلول NaCl با $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$

ب) حل شدن کلرید نقره در محلول آبی NH_3

ج) تشکیل رسوب از آمیخته شدن محلول حاصل از بند ب با اسید نیتریک

د) تشکیل رسوب از ترکیب نیترات جیوه (I) با اسید کلریدریک

هـ) مخلوط شدن محلول $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ با محلول NaCl

۲- فرمول شیمیایی واکنشگرهایی که مواد جامد زیر را حل می‌کنند بنویسید:

الف) AgCl ب) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ج) PbCl_2

۳- برای تشخیص مواد زیر از یکدیگر آزمایشهای ساده‌ای بنویسید؟

الف) PbCl_2 و AgCl ب) PbCl_2 و Hg_2Cl_2

۴- دانشجویی در حال تجزیه یک مجهول از کاتیونهای گروه (I) مشاهده می‌کند که با اضافه کردن HCl به مجهول رسوبی تشکیل می‌شود که در آب داغ نامحلول است و جسم باقی مانده با آمونیاک رسوب تولید می‌کند. به نظر شما کدام کاتیون وجود دارد؟ کدام یک وجود ندارد و وجود کدام کاتیون مورد سؤال است؟

۵- دانشجویی در حال تجزیه یک مجهول از کاتیونهای گروه (I) مشاهده می‌کند که با اضافه کردن HCl به مجهول رسوبی تشکیل می‌شود که در آب داغ محلول است و جسم باقی مانده بطور کامل در آمونیاک حل می‌شود. به نظر شما کدام کاتیون وجود دارد؟ کدام یک وجود ندارد و وجود کدام کاتیون مورد سؤال است؟

جلسه دهم) گرمای واکنش

آزمایش شماره ۹- اندازه‌گیری گرمای واکنش حنثی شدن

گرما انرژی منتقل شده از یک سیستم به سیستم دیگر است که از اختلاف دما بین دو سیستم تشخیص داده می‌شود. واحد گرما در سیستم cgs کالری است، و یک کالری مقدار گرمایی است که دمای یک گرم آب را از ۱۴/۵ درجه سانتیگراد به ۱۵/۵ درجه سانتیگراد افزایش می‌دهد.

ظرفیت گرمایی چیست؟ فرض کنیم بین یک جسم و محیط خارج مقدار گرمای dQ مبادله شده است که هر گاه دمای جسم به اندازه dt تغییر کند بنا به تعریف نسبت dQ/dt را ظرفیت گرمایی جسم می‌نامند. چون گرمای مبادله شده dQ متناسب با جرم جسم (m) است پس گرمای ویژه جسم چنین تعریف می‌شود:

$$C = \frac{dQ}{mdt}$$

با انتگرال گیری از رابطه بالا در فاصله دمای t_1 و t_2 کل گرمای مبادله شده بین جسم و محیط بدست می‌آید.

$$Q = m \int_{t_1}^{t_2} c dt$$

گرمای ویژه اجسام با دما تغییر می‌کند بنابراین c باید بصورت تابعی از t بیان شود تا انتگرال قابل محاسبه شود. هرگاه در فاصله دمایی معین بتوان c را ثابت فرض کرد بنابراین رابطه بالا بصورت زیر در می‌آید:

$$Q = mc\Delta t = mc(t_2 - t_1)$$

هنگامی که چند جسم با دماهای مختلف با هم مخلوط شوند جریان گرما از اجسام گرمتر به اجسام سردتر بوده تا زمانی که تعادل بین اجسام برقرار شود. اجسام گرمتر گرما از دست می‌دهند و اجسام سردتر گرما می‌گیرند.

چون ظرفیت گرمایی آب مقداری استاندارد است پس هر جسم را که ظرفیت گرمایی آن مطلوب باشد با آب مخلوط می‌کنند و چون عمل اختلاط در یک ظرف انجام می‌گیرید پس ظرفیت گرمایی ظرف نیز در محاسبه در نظر گرفته می‌شود. در آزمایشگاه عموماً عمل اختلاط در کالریمتر انجام می‌شود.

طبق قانون تبادل گرمایی می‌توان نوشت:

$$-m_h c_h (t_h - t_f) = m_c c_c (t_c - t_f) + m_{cal} c_{cal} (t_c - t_f)$$

$$C_h = \text{گرمای ویژه جسم گرمتر}$$

$$m_h = \text{جرم جسم گرمتر (h=hot)}$$

$$m_c = \text{جرم جسم سردتر (c=cold)}$$

$$t_h = \text{دمای جسم گرمتر}$$

$$t_c = \text{دمای جسم سردتر}$$

$$C_c = \text{گرمای ویژه جسم سردتر}$$

$$C_{cal} = \text{گرمای ویژه جسم کالریمتر}$$

$$m_{cal} = \text{جرم ظرف کالریمتر (cal=calorimeter)}$$

$$t_f = \text{دمای نهایی کالریمتر، آب و جسم}$$

در رابطه بالا $m_{cal} C_{cal}$ ارزش آبی کالریمتر نامیده شده و با A نشان داده می‌شود.

$$-m_h c_h (t_h - t_f) = m_c c_c (t_c - t_f) + A(t_c - t_f)$$

شرح آزمایش:

مرحله اول: اندازه‌گیری ارزش آبی کالریمتر

قبل از اندازه‌گیری گرمای واکنش باید ارزش آبی کالریمتر را اندازه‌گیری کرد.

۱) ۱۵۰ mL آب مقطر را توسط استوانه مدرج برداشته و داخل کالریمتر بریزید. دمای آنرا توسط

دماسنج اندازه‌گیری کنید (t_c).

۲) داخل یک بشر ۲۵۰ میلی لیتری مقداری آب را گرم کنید تا دمای آن به حدود ۷۰ درجه سانتیگراد برسد. ۵۰ mL آب داغ را داخل استوانه مدرج بریزید و دمای آنرا توسط دماسنج اندازه‌گیری کنید (t_h).

۳) آب داغ را فوراً داخل کالریمتر بریزید و با آب سرد داخل کالریمتر مخلوط کنید. پس از دو دقیقه دما را توسط دماسنج اندازه‌گیری کنید (t_f).

دمای نهایی آب ($^{\circ}\text{C}$)	دمای آب گرم ($^{\circ}\text{C}$)	دمای آب سرد ($^{\circ}\text{C}$)
t_f	t_h	t_c

محاسبات:

۱) فرض کنید دانسیته آب در دمای مورد آزمایش ۱ g/mL باشد. یعنی حجم برداشته شده از آب برابر وزن آب می‌باشد.

۲) ظرفیت گرمایی آب را ۱ cal/g $^{\circ}\text{C}$ فرض کنید.

۳) ارزش آبی کالریمتر را محاسبه کنید.

برگ گزارش کار – آزمایش شماره ۸ – مرحله اول – محاسبه ارزش آبی کالریمتر

نام	
نام همکار	
تاریخ	

$$t_c = \text{دمای آب سرد } (^{\circ}\text{C})$$

$$t_h = \text{دمای آب گرم } (^{\circ}\text{C})$$

$$t_f = \text{دمای نهایی آب } (^{\circ}\text{C})$$

$$m_h = \text{وزن آب گرم (g)}$$

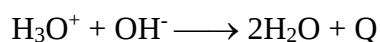
$$m_c = \text{وزن آب سرد (g)}$$

$$\lambda_{\text{cal/g}^{\circ}\text{C}} = \text{ظرفیت گرمایی آب (cal/g}^{\circ}\text{C)}$$

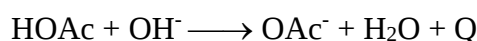
$$A = \text{ارزش آبی کالریمتر (cal/}^{\circ}\text{C)}$$

اندازه‌گیری گرمای واکنش خنثی شدن

واکنش خنثی شدن را می‌توان بصورت زیر نشان داد:



مقدار گرمای تولید شده به مقدار اسید و باز مصرفی بستگی دارد. هرگاه یکی از مواد وارد واکنش (یا هر دوی آنها) الکترولیت ضعیف باشند، گرمای حاصل کمتر از زمانی است که الکترولیت‌ها قوی باشند. این تفاوت گرمایی، بخاطر این موضوع است که مقداری از گرمای تولید شده صرف تجزیه کردن الکترولیت ضعیف می‌شود. در حقیقت واکنش یونی خالص در الکترولیت ضعیف را نمی‌توان صرفاً با معادله قبلی نشان داد. برای مثال، در خنثی شدن لسید استیک با سود، معادله یونی خنثی شدن بصورت زیر می‌باشد:



در روشهای آزمایشگاهی برای تعیین گرمای تولید شده باید روشی را انتخاب کرد که بتوان تمام گرمای تولید شده را اندازه‌گیری کرد. این عمل ساده می‌باشد؛ زیرا مقداری از گرمای آزاد شده برای افزایش درجه حرارت محلول بکار می‌رود. مقدار دیگری توسط ظرف آزمایش (کالریمتر) و مقداری نیز توسط محیط جذب می‌شود که تمام این انرژی‌ها، باید در محاسبه مورد نظر قرار گیرد. در این آزمایش گرمای خنثی شدن سود ۱ مولار با اسید کلریدریک ۱ مولار اندازه‌گیری می‌شود.

گرمای واکنش را می‌توان طبق فرمول زیر محاسبه نمود:

$$Q = m_a c_a (t_f - t_a) + m_{cal} c_{cal} (t_f - t_a) + m_b c_b (t_f - t_b)$$

Q = گرمای واکنش خنثی شدن بین اسید و باز

m_a = جرم محلول اسید کلریدریک (a=acid) C_a = گرمای ویژه محلول اسید

کلریدریک

m_b = جرم محلول سود (b=base)

t_a = دمای محلول اسید کلریدریک

t_b = دمای محلول سود

C_b = گرمای ویژه محلول سود

C_{cal} = گرمای ویژه جسم کالریمتر

m_{cal} = جرم ظرف کالریمتر (cal=calorimeter)

t_f = دمای نهایی کالریمتر، مخلوط اسید و باز

با توجه به اینکه $m_{cal}C_{cal}$ ارزش آبی کالریمتر (A) می باشد، فرمول بالا را میتوان ساده تر نوشت:

$$Q = m_a c_a (t_f - t_a) + A(t_f - t_a) + m_b c_b (t_f - t_b)$$

$$Q = (m_a c_a + A)(t_f - t_a) + m_b c_b (t_f - t_b)$$

شرح آزمایش:

مرحله دوم: اندازه گیری گرمای واکنش خنثی شدن

- (۱) داخل یک بالن ژوژه ۱۰۰ mL محلول اسید کلریدریک ۰/۵ مولار تهیه کنید. اسید تهیه شده را داخل کالریمتر بریزید و دمای آنرا توسط دماسنج اندازه گیری کنید (t_a).
- (۲) داخل یک بالن ژوژه ۱۰۰ mL محلول سود ۰/۵ مولار تهیه کنید و دمای آنرا توسط دماسنج اندازه گیری کنید (t_b).
- (۳) سود تهیه شده را داخل کالریمتر بریزید و با اسید داخل کالریمتر مخلوط کنید. پس از دو دقیقه دما را توسط دماسنج اندازه گیری کنید (t_f).

دمای نهایی مخلوط ($^{\circ}\text{C}$)	دمای سود ($^{\circ}\text{C}$)	دمای اسید و کالریمتر ($^{\circ}\text{C}$)
t_f	t_b	t_a

محاسبات:

- (۱) فرض کنید دانسیته محلولهای اسید کلریدریک و سود در دمای مورد آزمایش ۱ g/mL باشد. یعنی حجم برداشته شده از آنها برابر وزن آنها می باشد.
- (۲) فرض کنید ظرفیت گرمایی محلولهای اسید کلریدریک و سود $1 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$ باشد.
- (۳) گرمای واکنش خنثی شدن بین محلولهای اسید کلریدریک و سود را محاسبه کنید.

برگ گزارش کار – آزمایش شماره ۸ – مرحله دوم – محاسبه گرمای واکنش خنثی شدن

نام	
نام همکار	
تاریخ	

$$t_a = \text{دمای اسید و کالریمتر } (^{\circ}\text{C})$$

$$t_b = \text{دمای سود } (^{\circ}\text{C})$$

$$t_f = \text{دمای نهایی مخلوط } (^{\circ}\text{C})$$

$$m_a = 100\text{g} = \text{وزن محلول اسید کلریدریک (g)}$$

$$m_b = 100\text{g} = \text{وزن محلول سود (g)}$$

$$\backslash \text{cal/g}^{\circ}\text{C} = \text{ظرفیت گرمایی محلول اسید کلریدریک (cal/g}^{\circ}\text{C)}$$

$$\backslash \text{cal/g}^{\circ}\text{C} = \text{ظرفیت گرمایی محلول سود (cal/g}^{\circ}\text{C)}$$

$$A = \text{ارزش آبی کالریمتر (cal/}^{\circ}\text{C)}$$

از مرحله قبل

$$Q = \text{گرمای واکنش خنثی شدن (cal)}$$

جلسه یازدهم) تعیین دانسیته و ویسکوزیته

قسمت اول: تعیین دانسیته (چگالی) مواد

جرم یک شیئی بستگی به جنس و اندازه آن دارد. دانسیته نسبت جرم به حجم می باشد. به عبارت دیگر، دانسیته جرم واحد حجم برای هر جسم است. و چون حجم اجسام با دما تغییر می کند، دانسیته مواد در دمای معین مقداری ثابت است.

$$d = \frac{m}{V}$$

در رابطه بالا، d نمایشگر دانسیته، m نمایشگر جرم و V نمایشگر حجم است. واحد دانسیته برای مواد جامد و مایع g/mL و برای گازها g/L است.

تعیین دانسیته دقیق روغن با استفاده از پیکنومتر:

دقیق ترین وسیله برای این آزمایش پیکنومتر است.

(۱) پیکنومتر را با استون کر دهید تا سریعتر خشک شود.

(۲) پیکنومتر خالی و خشک را وزن کنید. (m_1)

(۳) پیکنومتر را با آب مقطر پر کرده و وزن کنید. (m_2)

(۴) دمای آب را اندازه بگیرید. (t)

(۵) پیکنومتر را با روغن پر کرده و وزن کنید. (m_3)

قبل از ریختن روغن در ویسکوزیتر، آن را با استون کر دهید تا کاملاً خشک شود.

استن شستشو را دور نریزید، آن را به ظرف خود باز گردانید.

وزن پیکنومتر خالی	وزن پیکنومتر حاوی آب مقطر	دمای آب ($^{\circ}C$)	وزن پیکنومتر حاوی روغن
m_1 (بر حسب گرم)	m_2 (بر حسب گرم)	t	m_3 (بر حسب گرم)

محاسبات:

(۱) با داشتن وزن و دانسیته آب در دمای t (از روی جدول شماره ۱) حجم آب را در این دما بدست آورید.

(۲) چون حجم روغن داخل پیکنومتر با حجم آب مقطر برابر است بنابر این حجم بدست آمده در قسمت اول حجم روغن نیز هست.

(۳) با دانستن جرم و حجم روغن و با استفاده از رابطه $d = \frac{m}{V}$ میتوان دانسیته روغن را بدست آورد.

جدول شماره ۱) دانسیته آب مقطر در دماهای مختلف

دما °C	دانسیته آب مقطر	دما °C	دانسیته آب مقطر
۹	۰/۹۹۹۸۱	۲۰	۰/۹۹۸۲۳
۱۰	۰/۹۹۹۷۳	۲۱	۰/۹۹۸۰۲
۱۱	۰/۹۹۹۶۳	۲۲	۰/۹۹۷۸۰
۱۲	۰/۹۹۹۵۲	۲۳	۰/۹۹۷۵۶
۱۳	۰/۹۹۹۴۰	۲۴	۰/۹۹۷۳۲
۱۴	۰/۹۹۹۲۷	۲۵	۰/۹۹۷۰۷
۱۵	۰/۹۹۹۱۳	۲۶	۰/۹۹۶۸۱
۱۶	۰/۹۹۸۹۷	۲۷	۰/۹۹۶۵۴
۱۷	۰/۹۹۸۸۰	۲۸	۰/۹۹۶۲۶
۱۸	۰/۹۹۸۶۲	۲۹	۰/۹۹۵۹۷
۱۹	۰/۹۹۸۴۳	۳۰	۰/۹۹۵۶۷

برگ گزارش کار – آزمایش شماره ۵ – محاسبه دانسیته روغن

نام	
نام همکار	
تاریخ	

$$t = \text{دمای آزمایش (}^{\circ}\text{C)}$$

$$m_1 = \text{وزن پیکنومتر خالی (g)}$$

$$m_3 - m_1 = \text{وزن روغن (g)}$$

$$m_2 - m_1 = \text{وزن آب مقطر (g)}$$

$$\text{حجم روغن (mL)} = \text{حجم آب مقطر} = V = \frac{m_2 - m_1}{\text{دانسیته آب (در دما } t^{\circ}\text{C)}} =$$

$$\text{دانسیته روغن (g/mL)} = \frac{m_3 - m_1}{V} =$$

آزمایش شماره ۶- تعیین ویسکوزیته^۱ (گرانروی)

مایعهایی مانند آب، وقتی درون لوله‌ای جریان یابند و یا از ظرفی ریخته شوند، سریع حرکت می‌کنند ولی بعضی دیگر مانند روغنهای سنگین حرکتی کند دارند. میزان مقاومتی که مایعها در مقابل جاری شدن از خود نشان می‌دهند ویسکوزیته (گرانروی) نامیده می‌شود.

ویسکوزیته به نوع مایع، فشار و دما بستگی دارد و برای مایعهای مختلف متفاوت است. η (اتا) ضریب ویسکوزیته نامیده می‌شود. واحد ویسکوزیته پواز (poise) است.

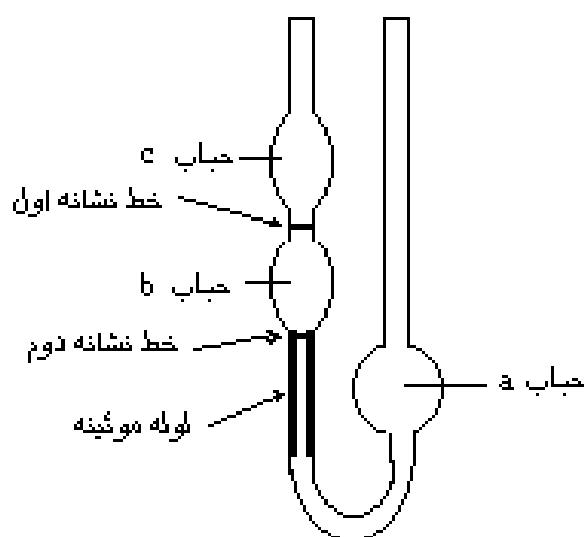
چنانچه حجم معینی از دو مایع را که یکی دارای ویسکوزیته معلوم η_1 و دانسیته ρ_1 و دیگری دارای ویسکوزیته η_2 و دانسیته ρ_2 می‌باشند از یک لوله نازک عبور دهیم، اگر t_1 و t_2 زمان جاری شدن برای این دو مایع باشد رابطه زیر بین مقادیر فوق برقرار است:

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{\eta_1 \rho_1}{\eta_2 \rho_2}$$

برای اندازه‌گیری ویسکوزیته در آزمایشگاه از دستگاهی به نام ویسکوزیتر اسوالد^۲ (شکل زیر) استفاده می‌شود.

^۱ viscosity

^۲ Ostwald Viscosimeter



تعیین ویسکوزیته روغن با استفاده از ویسکوزیمتر اسوالد:

- (۱) بوسیله استوانه مدرج حدود ۷mL آب مقطر در حباب a بریزید.
 - (۲) به کمک پوآر لاستیکی و از طرف حباب c هوا را بمکید تا سطح آب بالاتر از خط نشانه اول قرار گیرد.
 - (۳) پوآر را بردارید. زمانی را که لازم است تا آب فاصله خط نشانه اول تا خط نشانه دوم را طی می‌کند با کرنومتر اندازه بگیرید (t_1).
 - (۴) مراحل ۱ تا ۳ را برای روغن تکرار کنید و زمان حرکت روغن را بین دو خط نشانه تعیین کنید (t_2).
 - (۵) دمای آب مقطر را اندازه‌گیری کنید.
- قبل از ریختن روغن در ویسکوزیمتر، آن را با استون کر دهید تا کاملاً خشک شود.
- استن شستشو را دور نریزید، آن را به ظرف خود باز گردانید.

زمان حرکت روغن بین دو خط نشانه (ثانیه)	زمان حرکت آب بین دو خط نشانه (ثانیه)	دمای آب ($^{\circ}\text{C}$)
t_2	t_1	t

محاسبات:

۱) دانسیته آب مقطر را در دمای آزمایش و از روی جدول آزمایش قبل تعیین کنید.

۲) دانسیته روغن را از آزمایش قبل یادداشت کنید.

۳) ویسکوزیته آب مقطر را ۱/۰۰۲ سانتی پواز فرض کنید، و با دانستن زمان حرکت آب مقطر و

روغن بین دو خط نشانه (t_1 و t_2) و با استفاده از رابطه $\frac{t_1}{t_2} = \frac{\eta_1 \rho_1}{\eta_2 \rho_2}$ ویسکوزیته روغن را

محاسبه کنید.

برگ گزارش کار – آزمایش شماره ۶- محاسبه ویسکوزیته روغن

نام	
نام همکار	
تاریخ	

$t_1 =$ زمان جاری شدن آب بین دو خط نشانه (ثانیه)

$t_2 =$ زمان جاری شدن روغن بین دو خط نشانه (ثانیه)

= دمای آب مقطر ($^{\circ}\text{C}$)

$\rho_1 =$ دانسیته آب در دمای مورد آزمایش (g/mL) از روی جدول آزمایش قبل

$\rho_2 =$ دانسیته روغن در دمای مورد آزمایش (g/mL) از روی آزمایش قبل

$\eta_1 =$ ویسکوزیته آب مقطر (سانتی پواز) $1/0.02\text{Cp}$

$\eta_2 =$ ویسکوزیته روغن (سانتی پواز) $\eta_2 = \frac{\eta_1 \rho_1 t_2}{t_1 \rho_2} =$

جدول نشانه های شیمیایی و جرمهای اتمی تقریبی عناصرها به ترتیب اعداد اتمی

۲۶	آهن	Fe	۵۶
عدد اتمی	نام عنصر	نشانه عنصر	جرم اتمی
۲۷	کبالت	Co	۵۹
۲۸	نیکل	Ni	۵۸/۵
۲۹	مس	Cu	۶۳/۵
۳۰	روی	Zn	۶۵
۳۱	گالیم	Ga	۶۹/۵
۳۲	ژرمانیوم	Ge	۷۲/۵
۳۳	ارسنیک	As	۷۵
۳۴	سلنیم	Se	۷۹
۳۵	برم	Br	۸۰
۳۶	کریپتون	Kr	۸۳/۵
۳۷	روبییدیم	Rb	۸۵/۵
۳۸	استرنسیم	Sr	۸۷/۵
۳۹	ایتیم	Y	۸۹
۴۰	زیرکنیم	Zr	۹۱
۴۱	نیوبیم	Nb	۹۳
۴۲	مولیبدن	Mo	۹۶
۴۳	تکنسیم	Te	۹۹
۴۴	روتنیم	Ru	۱۰۱
۴۵	رودیم	Rh	۱۰۳
۴۶	پالادیم	Pd	۱۰۶/۵
۴۷	نقره	Ag	۱۰۸
۴۸	کادمیم	Cd	۱۱۲/۵
۴۹	اینیم	In	۱۱۴/۵
۵۰	قلع	Sn	۱۱۸/۵
۵۱	انتیموان	Sb	۱۲۱/۵

عدد اتمی	نام عنصر	نشانه عنصر	جرم اتمی
۱	هیدروژن	H	۱
۲	هلیوم	He	۴
۳	لیتیم	Li	۷
۴	بریلیم	Be	۹
۵	بور	B	۱۱
۶	کربن	c	۱۲
۷	نیتروژن	N	۱۴
۸	اکسیژن	o	۱۶
۹	فلوئور	F	۱۹
۱۰	نئون	Ne	۲۰
۱۱	سدیم(ناتریم)	Na	۲۳
۱۲	منیزیم	Mg	۲۴
۱۳	آلومینوم	Al	۲۷
۱۴	سیلیسیم	Si	۲۸
۱۵	فسفر	P	۳۱
۱۶	گوگرد	S	۳۲
۱۷	کلر	Cl	۳۵/۵
۱۸	آرگن	Ar	۴۰
۱۹	پتاسیم(کالیم)	K	۳۹
۲۰	کلسیم	Ca	۴۰
۲۱	اسکاندیم	Sc	۴۵
۲۲	تیتانیم	Ti	۴۷
۲۳	وانادیم	V	۵۱
۲۴	کروم	Cr	۵۲
۲۵	منگنز	Mn	۵۵

۲۰۰/۵	Hg	جیوه	۸۰
جرم اتمی	نشانه عنصر	نام عنصر	عدد اتمی
۲۰۴	Tl	تالیم	۸۱
۲۰۷	Pb	سرب	۸۲
۲۰۹	Bi	بیسموت	۸۳
۲۱۰	Po	پولونیم	۸۴
۲۱۰	At	استاتین	۸۵
۲۲۲	Rn	رادون	۸۶
۲۲۳	Fr	فرانسیم	۸۷
۲۲۶	Ra	رادیوم	۸۸
۲۲۷	Ac	آکتینیم	۸۹
۲۳۲	Th	توریم	۹۰
۲۳۱	Pa	پروتاکتینیم	۹۱
۲۳۸	U	اورانیم	۹۲
۲۳۷	Np	نپتونیم	۹۳
۲۴۲	Pu	پلوتونیم	۹۴
۲۴۳	Am	امریسیم	۹۵
۲۴۷	Cm	کوریم	۹۶
۲۴۹	Bk	برکلیم	۹۷
۲۵۱	Cf	کالیفورنیم	۹۸
۲۵۴	Es	اینشتینیم	۹۹
۲۵۳	Fm	فرمیم	۱۰۰
۲۵۶	Md	مندلویم	۱۰۱
۲۵۴	No	نوبلیوم	۱۰۲
۲۵۷	Lw (Lr)	لورنسیم	۱۰۳
۲۶۴	Ku	کورچاتوویم	۱۰۴
	Ha (Ra)	هانیم (رادر فورنیم)	۱۰۵
	(Ns)	نیلزبوهریم	۱۰۶

۱۲۷/۵	Te	تلور	۵۲
جرم اتمی	نشانه عنصر	نام عنصر	عدد اتمی
۱۲۷	I	ید	۵۳
۱۳۱	Xe	گزنون (زنون)	۵۴
۱۳۳	Cs	سزیم	۵۵
۱۳۷	Ba	باریم	۵۶
۱۳۹	La	لانتان	۵۷
۱۴۰	Ce	سریوم	۵۸
۱۴۱	Pr	پراسئودیمیم	۵۹
۱۴۴	Nd	نئودیمیم	۶۰
۱۴۷	Pm	پرومتیم	۶۱
۱۵۰/۵	Sm	ساماریوم	۶۲
۱۵۲	Eu	اروپیم	۶۳
۱۵۷	Gd	گادولینیم	۶۴
۱۵۹	Tb	تربیم	۶۵
۱۶۲/۵	Dy	دیسپرونیم	۶۶
۱۶۵	Ho	هولمیم	۶۷
۱۶۷	Er	اربیم	۶۸
۱۶۹	Tm	تولیم	۶۹
۱۷۳	Yb	ایتریم	۷۰
۱۷۵	Lu	لوتسیم	۷۱
۱۷۸/۵	Hf	هافنیم	۷۲
۱۸۱	Ta	تانتال	۷۳
۱۸۴	W	تنگستن (ولفرام)	۷۴
۱۸۶	Re	رنیم	۷۵
۱۹۰	Os	اسمیم	۷۶
۱۹۲	Ir	ایریدیم	۷۷
۱۹۵	pt	پلاتین	۷۸
۱۹۷	Au	طلا	۷۹

			۱۰۷
--	--	--	-----

