



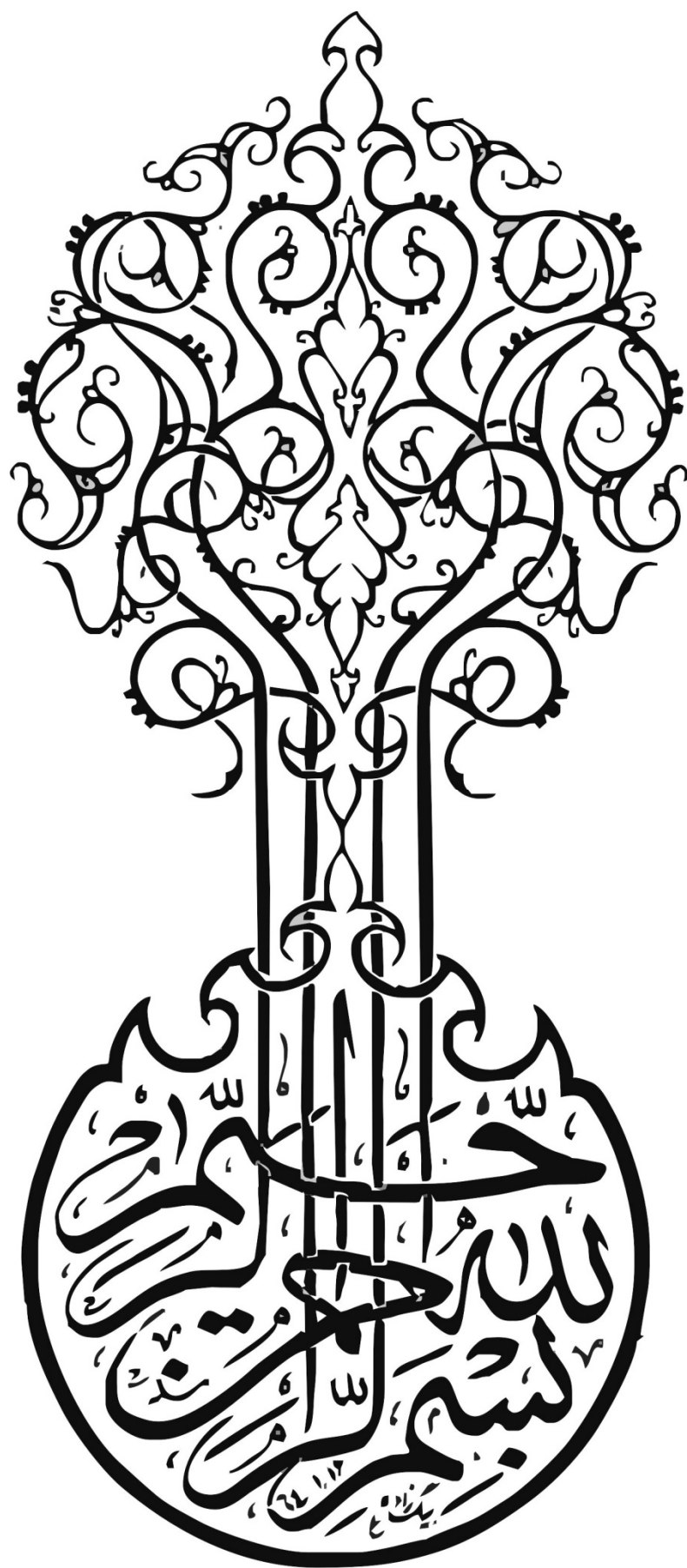
دستور کار آزمایشگاه

شیمی عمومی

دانشگاه علوم پزشکی همدان

دانشکده داروسازی

گروه شیمی دارویی



فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۴	ایمنی در آزمایشگاه
۵	نحوه‌ی نوشتن گزارش کار
۷	آشنایی لوازم آزمایشگاهی
۱۰	۱- محلول سازی
۱۲	۲- تهیه محلول‌های بافری
۱۵	۳- تیتراسیون اسید و باز
۱۷	۴- اندازه‌گیری نقطه ذوب و نقطه جوش
۱۹	۵- اندازه‌گیری چگالی و گرانروی مایعات
۲۲	۶- اثر دما، غلظت و کاتالیزگر بر سرعت واکنش
۲۶	۷- تهیه یک نمک مضاعف و یک کمپلکس و مقایسه آنها با یکدیگر
۲۹	۸- تعیین سختی کل آب
۳۲	۹- کاتیون شناسی (گروه سوم کاتیون‌ها)
۳۴	۱۰- کاتیون شناسی (گروه اول کاتیون‌ها)
۳۵	۱۱- شناسایی آنیون‌ها
۳۶	۱۲- هدایت الکتریکی
۳۸	۱۳- تشکیل پیل الکتروشیمیایی
۴۰	۱۴- تعیین ثابت تعادل کمپلکس آهن(III) با یون تیوسیانات
۴۲	۱۵- حلالیت مولی، اثر یون مشترک
۴۴	منابع

آشنایی با نکات مهم ایمنی و شرح وظایف دانشجویان و همکارانی که قصد کار در آزمایشگاه‌های گروه شیمی دارویی دانشکده داروسازی را دارند:

اگر هر شخص به نکته‌های ایمنی و وظایف خود در آزمایشگاه توجه کند، آزمایشگاه می‌تواند جای امنی برای انجام آزمایشات باشد. هر فرد باید نسبت به ایمنی خود و افراد دیگر احساس مسئولیت کند. قوانینی که در زیر آمده برای راهنمایی شما در حفاظت از خود و یا افراد دیگر در این آزمایشگاه می‌باشد. لذا با مطالعه چندین باره آن، سعی نمایید موارد آن را مد نظر داشته و به طور منظم به انجام آن‌ها پرداخته تا به صورت عادت درآید:

- ۱- با روپوش سفید در آزمایشگاه حاضر شوید.
- ۲- استفاده از دمپایی و یا کفش‌های نامتعارف در آزمایشگاه ممنوع است و بایستی از کفش معمولی استفاده کنید. ۳-
- هنگام کار با مواد فرار در آزمایشگاه عینک بزنید. هرگاه ماده شیمیایی به چشم شما پرید، فوراً چشمتان را با آب بشوید و سریعاً مسئول آزمایشگاه را آگاه سازید توجه داشته باشید عینک طبی جای عینک ایمنی را نمی‌گیرد. هرگز از لنز چشمی در آزمایشگاه استفاده نکنید. این لنزها بخارهای سمی و خطرناک را جذب می‌کند و بیرون آوردن آنها در موارد ضروری مشکل است.
- ۳- از تماس مستقیم پوست، از تنفس بخار مواد شیمیایی (علی‌الخصوص بو کردن مستقیم مواد و بخارات آن‌ها) و همچنین از چشیدن مواد اکیدا خودداری کنید. همچنین، هرگونه حواس پرتی و نوشیدن، خوردن و جویدن آدامس به دلیل آلودگی‌های شیمیایی بسیار محتمل در آزمایشگاه ممنوع است.
- ۴- آزمایشگاه مکانی برای انجام کار جدی است. هر ماده شیمیایی (حتی آب) باید سمی تلقی شود مگر اینکه کاملاً معلوم شود سمی نیست. بنابراین در کار با مواد و وسایلی که در هر آزمایش با آن‌ها سر و کار دارید، باید نهایت دقت را به کار ببرید.
- ۵- انضباط آزمایشگاهی و سایر شئون اخلاقی را به طور کامل رعایت نمایید، به مواردی که مسئول آزمایشگاه به شما یادآور می‌شود توجه کامل داشته باشید و همکاری نمایید.
- ۶- آزمایش‌های خود را بدون اجازه و هماهنگی قبلی با استاد راهنما و مسئول آزمایشگاه انجام ندهید. از دست زدن به مواد شیمیایی یا وسایل و دستگاه‌هایی که خطرات یا طرز کار آنها را نمی‌دانید، جدا خودداری کرده و از مسئول آزمایشگاه راهنمایی و کمک بخواهید. در صورت عدم استفاده صحیح از دستگاه‌ها و ایجاد خرابی، مسئول خواهید بود. هنگام کار با موادی که به پوست شما آسیب می‌رسانند یا جذب می‌شوند، از دستکش استفاده کنید.
- ۷- محل استقرار کپسول آتش نشانی، جعبه کمک‌های اولیه، شیرهای اصلی و فرعی برق و گاز آزمایشگاه و کلید هود و چگونگی استفاده از وسایل ایمنی موجود را بدانید. به این منظور در بدو ورود خود به آزمایشگاه اطلاعات لازم را از مسئول آزمایشگاه بگیرید.
- ۸- رعایت نظافت در تمامی لحظات کار در آزمایشگاه مسئله مهمی است. میز کار خود را همواره تمیز نگهدارید. در پایان آزمایش نیز تمامی وسایلی را که استفاده نموده‌اید با مایع شوینده شسته در سبد کنار ظرفشویی یا کمد خود قرار داده و میز کار خود را تمیز کنید.
- ۹- اگر اسید یا مواد خورنده دیگری بر روی میز یا زمین ریخت، فوراً پس از اطلاع به مسئول آزمایشگاه و هماهنگی با وی محل را با آب فراوان شستشو دهید.
- ۱۰- مواد زائد دور ریختنی و کاغذهای باطله و چوب کبریت و اجسام مشابه را در سطل‌های مربوطه بریزید و در دستشویی نریزید. هرکس مسئول نظافت دستشویی‌های مجاور خود می‌باشد.
- ۱۱- مواد شیمیایی را به اندازه مورد احتیاج برداشته و هیچگاه بدون مشورت با مسئول آزمایشگاه مواد شیمیایی دست خورده را به ظرف اصلی بازنگردانید. به خصوص در هنگام کار با ترازو بسیار احتیاط کنید تا از آلوده شدن میز توزین و هدررفت مواد شیمیایی جلوگیری کنید.
- ۱۲- وسایل شیشه‌ای شکسته شده و مواد جامد و یا مایع زائد و زباله را در جایی که برای آنها تعبیه شده است قرار دهید و هیچ‌گاه آنها را در درون سینک ظرفشویی نریزید.
- ۱۳- از جابه‌جا کردن و تغییر محل دستگاه‌ها بدون هماهنگی با مسئول آزمایشگاه خودداری کنید.
- ۱۴- وسایل و موادی را که مشترکاً به کار برده می‌شوند، بعد از استفاده، فوراً به جای خود برگردانید و به هیچ وجه در کمد شخصی خود نگذارید تا سایرین نیز از آن‌ها به موقع استفاده نموده و بی‌نظمی در آزمایشگاه به وجود نیاید.

۱۵- چنانچه ظرف محتوی نمونه خود را در یخچال، بن ماری یا زیر هود آزمایشگاهی قرار می‌دهید برای جلوگیری از اشتباه، نام خود را روی برجسب آن یادداشت کنید. در غیر این صورت آزمایشگاه مسئولیتی در قبال بیرون ریخته شدن نمونه شما ندارد.

۱۶- آزمایش‌هایی که مواد و بخار و گازهای سمی تولید می‌کنند، باید در زیر هود آزمایشگاه انجام شود تا آلودگی هوا به حداقل برسد. اسیدهای غلیظ در محفظه هود آزمایشگاه نگهداری می‌شود و برای برداشتن مقداری از آنها جهت انجام آزمایش، توسط استوانه مدرجی تمیز و خشک، مقدار لازم یک ماده را در بشر تمیز و احیاناً خشک خود بریزید و از خارج کردن ظرف اصلی از زیر محفظه هود، خودداری کنید.

۱۷- هرگز ماده اشتعال پذیر را در معرض شعله باز قرار ندهید. موادی را که در حدود زیر 95°C می‌جوشند، می‌توان تا دمای جوششان روی یک حمام بخار گرما داد. برای رسیدن به دماهای بالاتر از گرم‌کننده های الکتریکی (هیتر یا *Hot plate*) استفاده کنید. هنگام کار با مایعات اشتعال پذیر، از هود دودکش استفاده کنید.

۱۸- روش صحیح مخلوط کردن محلول‌های غلیظ اسیدی با آب را بیاموزید. همیشه بایستی اسید غلیظ را به آرامی و قطره قطره به آب بیافزاییم و هرگز آب را به حجم زیادی از یک اسید اضافه نکنید. در میان اسیدها، سولفوریک اسید خطرناکترین است.

۱۹- هر گونه آسیب یا مشکل موجود در هر آزمایشگاه را فوراً به مسئول آزمایشگاه اطلاع دهید.

۲۰- اگر به هر دلیلی چشم‌ها دچار سوزش شد باید بلافاصله آنها را مستقیماً زیر شیر آب گرفته و آن را با آب فراوان بشوید.

۲۱- هر دستگاه را پس از استفاده خاموش کنید مثل تهویه، چراغ گاز، موتور برقی، دودکش (هود)، ترازو، سانتریفوژ و غیره.

۲۲- دقت و وسواس داشته باشید که درب ظروف جا به جا نشود و پی‌پت و یا اسپاتول هر ظرف را در سمت راست آن قرار دهید (قانون دست راست).

۲۳- توجه داشته باشید تحت هیچ شرایطی، مواد یاد شده را با دهان بوسیله پی‌پت بیرون نکشید، ابداً پیپت را وارد ظرف اصلی حاوی اسید غلیظ یا هر ماده دیگری نکنید.

۲۴- در پایان آزمایشگاه، هر فرد موظف است موارد یاد شده در زیر را به ترتیب انجام داده باشد:

الف) کلیه وسایل را جمع کرده و در جای اول خود قرار دهید.

ب) کلیه لوازم شخصی آزمایشگاهی بایستی در کمدهای تحویل داده شده به هر فرد قرار داده شوند.

- قابل ذکر است که در صورت گم شدن یا دور ریخته شدن وسایل یا نمونه‌های جا گذاشته شده بر روی میز، هیچ‌گونه مسئولیتی متوجه آزمایشگاه نمی‌باشد.

پ) نظافت کامل روی میز توسط دستمال، شستن پارچه آلوده به طور کامل و تمیز و آویزان کردن آن در جای مناسب، انجام شود.

ت) بستن شیرهای گاز (مهم) و اطمینان از بسته بودن آنها.

ث) جمع کردن شیلنگ چراغ گاز، به طور مناسب، برای آن‌که شیلنگ تا نخورد و آسیب نبیند.

ج) اطمینان از بسته بودن شیرهای گاز، شیرهای آب، بسته بودن پنجره‌ها و خاموش بودن کلیه لامپ‌ها و وسایل برقی

چ) تمیز کردن سینک‌ها از خرده شیشه و یا خرده زباله‌ها

ح) پر کردن آبفشان و برگرداندن صندلی‌ها به جای اول خود

خ) کشیدن روکش دستگاه‌هایی که با آن کار کرده‌اید.

با اعلام تمامی موارد فوق، این نکات تحت عنوان شرح وظایف شما در آزمایشگاه در نظر گرفته شده و قصور در انجام آن‌ها مورد قبول نخواهد بود، در صورت عدم رعایت تا سه بار تذکر داده می‌شود و در صورت تکرار، پس از اعلام به استاد مربوطه، حضور در آزمایشگاه امکان‌پذیر نخواهد بود.

مقابله با حوادث احتمالی:

۱- مکان نزدیک ترین کپسول آتش نشانی و جعبه کمک‌های اولیه را به خاطر داشته باشید.

۲- در هنگام بروز حوادث کاملاً بر خود مسلط باشید و با کمال خونسردی و مراقبت در پی رفع حوادث برآیید.

۳- برای خاموش کردن آتش هیچ‌گاه از آب استفاده نکنید. بلکه با استفاده از کپسول مخصوص آتش‌نشانی (انیدرید کربنیک) آن را خاموش کنید. اگر لباس یا وسیله‌ای در آزمایشگاه آتش گرفت، فوراً با حوله یا پارچه خیس آن را خفه کنید. متوقف نمودن آتش درون بشر یا بالن فقط با پوشاندن ظرف توسط یک شیء در نتیجه قطع کردن منبع هوا، امکان پذیر است. در حالت اضطراری دفتر گزارش کار آزمایشگاهی شما می‌تواند این کار را انجام دهد.

- ۴- برای استفاده از کپسول آتش‌نشانی، آن را از جای خود بلند کنید، حلقه را بکشید تا مهر و موم آن بشکند، لوله را بلند کنید؛ آن را به طرف کانون آتش نشانه روید و دستگیره را فشار دهید؛ هنگام استفاده، لوله آن را در دست خود بگیرید، زیرا بسیار سرد می‌شود، کپسول آتش‌نشانی را جابه‌جا نکنید، استفاده از آن را گزارش کنید تا آن را از نو پر کنند.
- ۵- در مورد تماس با مواد شیمیایی به سرعت موضع تماس را با آب یا ماده شستشو دهنده مناسب بشوئید.
- در تمام موارد فوق بایستی به مسئول آزمایشگاه اطلاع دهید تا در ضمن انجام کارهای مقدماتی، وسایل رسانیدن شما را به درمانگاه یا پزشک مهیا شود.

نحوه نوشتن گزارش کار :

- هر گروه بایستی یک گزارش کار از آزمایش انجام شده تهیه کرده و در هفته بعد از انجام آزمایش، آن را به استاد مربوطه تحویل نماید.
- گزارش کار بایستی حاوی بندهای زیر باشد:
- عنوان و تاریخ انجام آزمایش
- نام و نام خانوادگی اعضای گروه و شماره گروه
- هدف از انجام آزمایش
- تئوری آزمایش
- شرح کار
- محاسبات، جدول و نمودارها
- نتیجه گیری

آشنایی با لوازم آزمایشگاهی:

بیشتر لوازم آزمایشگاهی شیشه‌ای هستند، این شیشه‌ها از جنس بوروسیلیکات *Borosilicate* که دارای مقدار بسیار جزئی مواد قلیایی هستند و تا حرارت 600°C مقاومت دارند و از انواع آن‌ها *kimax*, *corex*, *pyrex* را می‌توان نام برد. وسایل شیشه‌ای به دو دلیل مورد استفاده قرار می‌گیرند: جهت تهیه محلول‌ها و جهت انجام آزمایش.

مهم‌ترین ظروف شیشه‌ای عبارت‌اند از:

۱- پی‌پت‌ها:

بر چهار نوع اند:

الف- پی‌پت‌های نقل و انتقال (Volumetric Transfer): برای نقل و انتقال حجم معینی از محلول به کار می‌روند و در وسط یا نزدیک به انتهای پی‌پت دارای حباب هستند.

ب- پی‌پت‌های مدرج (Measuring Graduated): به درجات مختلف تقسیم شده‌اند. علامت‌هایی روی این پی‌پت‌ها دیده می‌شود که نشان دهنده میزان حجم برداشته شده از محلول می‌باشد.

$T=20^{\circ}\text{C}$: نشان دهنده آن است که درجه بندی پی‌پت در آن درجه دقیق است و تأمین $\pm 5^{\circ}\text{C}$ قابل قبول است.

گروه A یا B: نوع A از B دقیق‌تر است و برای برداشتن حجم‌های بسیار دقیق و حساس (مثل عملیات کالبراسیون) از آن‌ها استفاده می‌شود.



ج- پی‌پت‌های اتوماتیک (سمپلر): دارای سر پلاستیکی (سرسمپلرها) یکبار مصرف می‌باشند. امروزه چون در آزمایشگاه این سرسمپلرها را می‌شویند لذا باید دقت کافی در شستشوی آن‌ها شود.

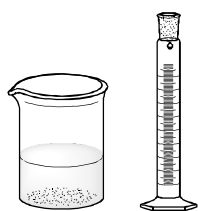
د- پی‌پتور: این‌ها نیز نوعی پی‌پت اتوماتیک هستند که برای برداشتن انواعی از محلول‌های شیمیایی مانند اسید غلیظ، ارتوتولوئیدین و ... به کار می‌روند که برداشتن آن‌ها توسط پی‌پت معمولی خطرناک است.



سمپلر

پی‌پتور

۲- مزور یا استوانه مدرج: استوانه مدرج در اندازه‌های مختلف، برای انتقال حجم معینی از یک محلول به ظرف دیگر موجود است و دقت آن از پی‌پت کم‌تر است.



۳- بشر: به علت گشاد بودن دهانه، برای حل نمودن برخی از مواد شیمیایی و نیز انجام برخی واکنش‌ها مناسب می‌باشد. گاهی اوقات برای توزین هم به کار می‌رود.

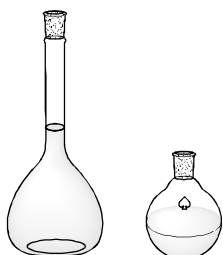


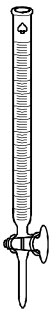
۴- ارلن مایر: ظروف مخروطی شکل هستند که برای حرارت دادن، نگهداری موقت محلول، تهیه محلول‌هایی که در ساخت آن‌ها نیاز به دقت زیاد نیست مورد استفاده می‌باشند.

۵- لوله آزمایش: لوله بلند، لوله متوسط، لوله سانتریفوژ، لوله همولیز انواع مختلف لوله آزمایش هستند که به فراخور هر آزمایش می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

۶- بالن ژوژه: دقیق‌ترین ظرف آزمایشگاهی برای تهیه محلول‌ها، استاندارد‌ها، رقیق نمودن سرم و انتقال حجم‌های معینی از یک محلول به کار می‌رود.

۷- بالن معمولی: ته گرد یا ته صاف است، در اندازه‌های مختلف، برای جوشاندن، تقطیر، انجام واکنش‌های شیمیایی، سنتز و غیره کاربرد دارد.





۸- **بورت:** لوله مدرج استوانه‌ای شکلی است که در انتهای آن یک شیر قرار دارد، برای تیتراسیون یا اضافه کردن حجم‌های دقیق و معین از یک محلول استفاده می‌شود. برای ریختن محلول به داخل بورت باید از قیف استفاده کرد و از بسته بودن و سالم بودن شیر آن مطمئن بود.



۹- **شیشه ساعت:** صفحات شیشه‌ای محدب نعلبکی شکل که در تبخیر مواد روی بن ماری یا توزین مواد شیمیایی و بعضی آزمایشات که بر روی یک سطح شیشه‌ای قابل انجام است استفاده می‌شود.



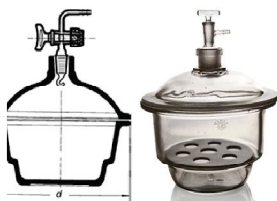
۱۰- **کپسول چینی:** برای تبخیر مواد روی بن ماری، سوزاندن مواد در کوره و... کاربرد دارد.



۱۱- **همزن:** میله‌های شیشه‌ای توپر، برای هم‌زدن محلول‌ها به کار می‌رود.

۱۲- **بطری‌های رنگی یا سفید:** جهت نگهداری محلول‌ها و پودرهای شیمیایی، نوع رنگی آن‌ها برای موادی که به نور حساس هستند مورد کاربرد است، این ظروف باید تمیز باشند. برای پودر جامد باید شیشه، دهان گشاد باشد.

۱۳- **قیف شیشه‌ای:** برای ریختن محلول به داخل ظروف دارای دهانه تنگ، همچنین برای صاف نمودن محلول‌ها.



۱۴- **دسیکاتور:** ظرف شیشه‌ای درداری است که در داخل آن یک صفحه شیشه‌ای یا چینی سوراخ دار تعبیه شده و در زیر آن یک ماده جاذب الرطوبه می‌ریزند. از این ظروف برای خشک کردن یا خشک نگهداشتن مواد شیمیایی استفاده می‌شود.

۱۵- **پی‌ست یا آب‌فشان:** ظرف پلاستیکی که از سرپوش آن لوله خمیده پلاستیکی نازکی عبور داده شده جهت نگهداری و انتقال آب مقطر در آزمایش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.



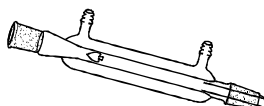
۱۶- **هاون چینی:** برای سائیدن مواد جامد شیمیایی و ایجاد حالت پودری از مواد شیمیایی جامد استفاده دارد.

۱۷- **گیره آزمایش:** در دو نوع فلزی و چوبی وجود دارد، برای حرارت دادن مستقیم لوله‌های آزمایش و نوع فلزی برای نگهداری بورت یا لوله آزمایش در ظروف بزرگ‌تر یا حمام بن ماری مورد استفاده است.



۱۸- **قیف بوخنر:** برای صاف کردن محلول تحت خلأ به کار می‌رود.

۱۹- **توری نسوز:** برای جلوگیری از اثر مستقیم شعله بر وسیله‌ی تحت حرارت، به کار برده می‌شود.



۲۰- **مبرد:** در تقطیر استفاده می‌شود.

۲۱- **اسپاتول:** تیغه‌هایی از جنس استیل که زنگ نمی‌زند، برای انتقال مواد جامد از ظرفی به ظرف دیگر و نیز برای ریختن مواد جامد بر روی کاغذ توزین استفاده می‌شود.

۲۲- **فور یا آون:** جهت ایجاد حرارت خشک و بالا برای استریل و خشک نمودن ظروف به کار برده می‌شود.

۲۳- **اُتو:** از نظر شکل ظاهری مشابه فور است، این دستگاه برای ایجاد حرارت 37°C جهت کشت میکروب، نگهداری نمونه، محلول‌ها کاربرد دارد. دستگاه دارای پیچ تنظیم حرارت و ترموستات برای کنترل حرارت است.



۲۴- **سانتریفوژ:** بر اساس نیروی گریز از مرکز کار می‌کند. برای جداسازی رسوب از محلول کاربرد فراوانی دارد و ترکیبات معلق یا حل نشده در محلول را بر مبنای وزن مولکولی اجسام جدا می‌کند.

۲۵- **بن ماری:** جهت ایجاد حرارت مرطوب (حمام بخار آب) به کار می‌رود و تا 100°C درجه‌بندی شده است.



۲۶- **همزن لوله یا ورتکس:** جهت مخلوط نمودن مواد مختلف موجود در لوله آزمایش کاربرد دارد.

۲۷- **همزن مغناطیسی یا مگنت:** وقتی جسم جامد به آسانی در حلال حل نمی‌شود از این دستگاه استفاده می‌شود.

۲۸- **دستگاه آب مقطر گیری:** جهت تهیه آب مقطر یک‌بار یا دوبار تقطیر مورد استفاده قرار می‌گیرد.



۲۹- **گرم‌کن برقی یا هیتر:** یک صفحه داغ فلزی است که در توسط جریان الکتریکی گرم شده و جهت گرم کردن و هم‌زدن محلول‌ها در آزمایشگاه (در غیاب شعله) مورد استفاده قرار می‌گیرد.

آزمایش ۱: محلول سازی

در آزمایشگاه‌های شیمی، محلول‌هایی با غلظت‌های مشخص و معلوم تهیه و به کار برده می‌شود. دانشجویان در این قسمت با تعاریف و روش‌های ساخت محلول‌های شیمیایی آشنا می‌شوند.

الف - تعاریف مورد نیاز

- مول

واحدی جهت شمارش مولکول‌ها یا اتم‌ها است و معادل 6.02×10^{23} ذره مولکول یا اتم می‌باشد. وزن یک مول اتم بر حسب گرم، با جرم اتمی عنصر مربوطه برابر است. مثلاً وزن یک مول از اتم‌های اکسیژن ۱۶ گرم است، یا یک مول مولکول بر حسب گرم، جرمی دارد که از نظر عددی با جرم مولکولی ماده مربوطه برابر است. مثلاً وزن یک مول از مولکول‌های اکسیژن (O_2) برابر ۳۲ گرم است.

- غلظت معمولی (C)

وزنی از یک ماده شیمیایی بر حسب گرم در یک لیتر یا ۱۰۰۰ میلی‌لیتر محلول را غلظت معمولی (گرمی) می‌نامند.

- غلظت مولار یا مولاریته (C_M یا M)

به تعداد مول‌های حل شده از یک ماده در یک لیتر محلول، غلظت مولار یا مولاریته آن گفته می‌شود. به عنوان مثال محلول یک مولار از نمک $NaCl$ ، حاوی یک مول (۵۸/۵ گرم) از نمک $NaCl$ در یک لیتر است. (فرمول مولاریته)

$$C_M = \frac{\text{mole}}{\text{حجم به لیتر}}$$

- نرمالیت N

به تعداد اکی‌والان گرم‌های یک ماده در یک لیتر محلول، نرمالیت گویند و نمایش آن به صورت زیر است:

n در این جا، ظرفیت ترکیب مورد نظر است.

- اکی‌والان گرم E

اکی‌والان گرم یا همسنگ شیمیایی هر ماده، آن مقدار از همان ماده است که معادل یک ظرفیت از خود فعالیت شیمیایی نشان می‌دهد.

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

در این رابطه، E : اکی‌والان گرم، M : جرم مولکولی و n : ظرفیت است.

- ظرفیت (n)

ظرفیت در اسیدها تعداد هیدروژن‌های اسیدی، در بازها تعداد عوامل بازی، در نمک‌ها تعداد فلزات و در واکنش‌های اکسایش-کاهش تعداد الکترون‌های مبادله شده است.

- قابلیت حل شدن

مقداری از یک ماده شیمیایی که در دمای معین، در ۱۰۰ گرم حلال حل شده و محلول سیر شده را تشکیل می‌دهد.

- رقیق کردن مایعات

با استفاده از رابطه $M_1 V_1 = M_2 V_2$ می‌توان مایعات را برای رسیدن به یک غلظت دلخواه رقیق نمود.

در این رابطه، M_1 و M_2 به ترتیب غلظت‌های اولیه و دلخواه می‌باشند. V_1 حجم مایع غلیظ‌تر و V_2 حجم مورد نظر ما است.

ب: تهیه محلول ها

برای تهیه محلول ها، به ترتیب زیر عمل می کنیم:

۱- محلول سازی از مایعات

- اگر مایع خالص باشد:

در این صورت می توانیم جرم مایع مورد نیاز را به طور دقیق با ترازو وزن کرده و در بالن حجمی ریخته و به حجم مورد نظر برسانیم.

- اگر مایع خالص نباشد:

- با استفاده از رابطه A ، غلظت مولار محلول موجود در ظرف اصلی را به دست آورده و سپس با استفاده از رابطه B ، حجم مورد نیاز از محلول غلیظ را محاسبه می کنیم. سپس حجم مورد نظر را با پی پت برداشته و به بالن ژوژه منتقل نموده و به حجم می رسانیم.

در رابطه A ، a درصد خلوص محلول و d چگالی محلول اولیه است.

$$B: M_1 V_1 = M_2 V_2$$

در رابطه B ، M_1 غلظت محلول اولیه، V_1 حجم مورد نیاز از محلول اولیه، M_2 غلظت محلول مورد نظر و V_2 حجم محلول مورد نظر است.

- اگر ماده اولیه، جامد خالص باشد

با داشتن وزن دقیق از ماده خالص و حل کردن آن در حجم معینی از آب خالص، محلول شیمیایی با غلظت مشخص به دست می آید.

وسایل و مواد مورد نیاز:

۱- بالن ژوژه ۲۵۰ میلی لیتری ۲- بالن ژوژه ۱۰۰ میلی لیتری ۳- پی پت ۵۰ میلی لیتری ۴- پی پت پمپ (پوار) ۵- هیدروکلریک اسید ۳۷٪ ۶- سود

روش کار

الف: تهیه ۲۵۰ میلی لیتر محلول هیدروکلریک اسید ۰/۱ مولار

با استفاده از روابط A و B ، حجم مورد نیاز اسید غلیظ را محاسبه کرده و از ظرف اصلی با پی پت برداشته و به داخل یک بالن حجمی ۲۵۰ میلی لیتری منتقل نموده و سپس به حجم برسانید.

ب- تهیه ۱۰۰ میلی لیتر سود ۰/۱ مولار

جرم مورد نیاز سود را محاسبه کرده و با ترازو وزن نمایید. سپس آن را به داخل یک بالن حجمی ۱۰۰ میلی لیتری منتقل نموده و پس از حل کردن در آب مقطر، به حجم برسانید.

تمرین:

۱- محاسبات و روش ساخت یک محلول ۵۰ میلی لیتری ۰/۱ مولار از سولفوریک اسید غلیظ با مشخصات چگالی ۱/۸ و درجه خلوص ۹۸٪ را بنویسید.

۲- مطلوب است تهیه ۱۰۰ میلی لیتر محلول ۰/۰۸ مولار از نمک $NaHCO_3$ جامد و خالص.

آزمایش ۲: تهیه محلول‌های بافری در pH اسیدی ($pH=1/70$)، خنثی ($pH=7/00$) و بازی ($pH=11/00$) محلول‌های بافر:

گاهی لازم است محلولی را که دارای pH معین است، تهیه و ذخیره کنیم. نگهداری چنین محلولی حتی از تهیه آن هم مشکل‌تر است. چنانچه این محلول در معرض هوا قرار گیرد، دی‌اکسید کربن جذب می‌کرده و اسیدی‌تر می‌شود. چنانچه محلول در ظرف شیشه‌ای ذخیره شود، ممکن است ناخالصی‌های قلیایی شیشه pH را تغییر دهد. در محلول‌های بافر (تامپون) حتی وقتی مقادیر کم اسید یا باز به آن‌ها اضافه می‌شود، pH تا حدودی ثابت باقی می‌ماند. زیرا آن‌ها دارای این خاصیت هستند که بعد از افزودن کمی اسید یا باز به آن‌ها، با انجام واکنش‌های شیمیایی (بر خلاف محلول‌های معمولی) تغییرات pH را کنترل می‌کنند. محلول‌های بافر، از محلول یک اسید ضعیف و نمک آن و یا یک باز ضعیف و نمک آن تشکیل می‌شوند.

pH خون و سایر مایعات بدن در مقابل افزایش یون H^+ و یا یون OH^- تغییرات اندکی دارد. به طوری که همواره آن در محدوده‌ی ثابتی ($7/34-7/43$) تغییر می‌کند از سیستم‌های بافری بدن می‌توان موارد زیر را نام برد:

الف- سیستم کربنات- بی کربنات

ب- سیستم فسفات- بی فسفات

ج- پروتئین‌های سلول

قدرت بافری

حدودی را که یک بافر می‌تواند مانع از تغییرات pH محیط گردد قدرت بافری می‌نامند که بستگی به غلظت اجزا سازنده آن بافر دارد. به عبارت دیگر سیستم یا محلول بافری تا حدودی می‌تواند نسبت به افزایش اسید یا باز مقاومت نموده و pH آن زیاد تغییر نکند. محدوده‌ای را که یک سیستم بافری می‌تواند مقاومت نماید محدوده عمل بافر گویند که تقریباً برای کلیه بافرها، معادل $pH=pK \pm 1$ می‌باشد.

انواع بافر عبارتند از:

- اسیدی مانند: CH_3COOH , CH_3COONa و HF , KF

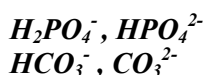
- خنثی مانند: KH_2PO_4 , K_2HPO_4

- بازی مانند: NH_4OH , NH_4Cl

کاتیون‌های همراه نمک‌ها، تأثیری در عملکرد بافر ندارند بنابراین بافرها را می‌توان به صورت زیر نمایش داد:



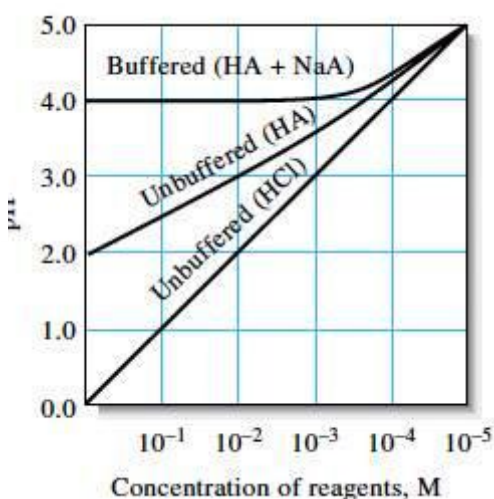
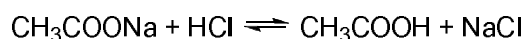
آنیون‌هایی که خاصیت آمفوتری دارند نیز می‌توانند با باز مزدوج خود یک محلول بافری بسازند؛ مانند:



عملکرد بافر :

در یک محلول بافر، تفکیک اسید به حالت تعادل رسیده و نمک آن نیز به طور کامل یونیده می‌شود چنانچه به این مخلوط تعادلی، اسید اضافه کنیم طبق اصل لوشاتلیه، تعادل در جهت مصرف یون H^+ و تولید HA حرکت می‌کند. در این بین نمک اسید به عنوان منبع تأمین-

کننده یون‌های A^- عمل می‌کند. بر اثر چنین واکنشی، همان‌گونه که در شکل روبرو دیده می‌شود pH محلول بافر در برابر رقیق کردن، تا حد زیادی مقاومت کرده و ثابت باقی می‌ماند در حالی که pH محلول غیر بافر در اثر رقیق شدن، تغییرات زیادی می‌کند. برای مثال اگر به بافر زیر اسید اضافه شود تعادل به سمت راست و اگر باز اضافه شود تعادل به سمت چپ جابجا می‌شود. به عبارت دیگر یون‌های H^+ اضافه شده، توسط یون‌های استات جذب شده و آزاد باقی نمی‌مانند بنابراین تغییری در pH ایجاد نمی‌شود. چنانچه وقتی به این بافر باز اضافه کنیم یون OH^- حاصل از تفکیک باز با یون H^+ به شکل آب خارج می‌گردد و بازهم pH ثابت باقی می‌ماند:



pH بافر:

pH بافرها را می توان مطابق فرمول زیر تعیین کرد به این رابطه، رابطه هندرسن - هاسل باخ می گویند:

$$pH = pKa + \log A^-/HA$$

بر اساس این رابطه مشخص است که هرگاه غلظت نمک یا یون A^- با غلظت اسید HA برابر باشد **pH** برابر **pKa** می شود.

ظرفیت بافر:

اگرچه بافرها در مقابل افزایش اسید یا باز مقاومت می کنند ولی هر بافر ظرفیت معینی داشته و بیش تر از آن امکان مقاومت در مقابل تغییر **pH** را ندارد. بافرهایی که نسبت غلظت اسید و نمک و یا باز و نمک در آن ها ۱:۱ است دارای بیش ترین ظرفیت بافری هستند.

وسایل و مواد مورد نیاز:

پتاسیم کلرید، دی سدیم هیدروژن فسفات، هیدروکلریک اسید، سدیم هیدروژن کربنات، سدیم هیدروکسید، بالن ۲۵ و ۵۰ و ۱۰۰ میلی لیتری، بشر ۵۰ میلی لیتری، پی پت ۱۰ میلی لیتری، ارلن مایر ۱۰۰ میلی لیتری، کاغذ تورنسل

مراحل انجام آزمایش:

مرحله اول - تهیه محلول های بافر

الف- تهیه بافر با $pH=1/70$:

۲۵ میلی لیتر از محلول پتاسیم کلرید (KCl) ۰/۲ مولار را تهیه کرده و سپس ۱۲/۵ میلی لیتر از آن را برداشته و با ۶/۵ میلی لیتر محلول هیدروکلریک اسید (HCl) ۰/۲ مولار مخلوط کرده سپس آن را به حجم ۵۰ میلی لیتر برسانید.

ب- تهیه بافر با $pH=7/00$:

۱۸/۹ میلی لیتر از دی سدیم هیدروژن فسفات (Na_2HPO_4) ۰/۱ مولار را در یک بالن ۲۵ میلی لیتری به ۶/۱ میلی لیتر محلول هیدروکلریک اسید (۰/۱ مولار) (نمایید) حجم محلول ۲۵ میلی لیتر است و نیازی به حجم رساندن ندارد).

ج- تهیه بافر با $pH=11/00$:

۲۵ میلی لیتر از سدیم هیدروژن کربنات ($NaHCO_3$) ۰/۰۵ مولار را تهیه کرده، ۱۲/۵ میلی لیتر از آن را در بالن ۲۵ ریخته و به آن ۱۱/۳ میلی لیتر محلول سود ۰/۱ مولار اضافه نموده و سپس و به حجم می برسانید.
نکته: فقط تهیه ۲ نمک، پتاسیم کلرید، سدیم هیدروژن کربنات توسط دانشجویان انجام می گردد و بقیه محلول های لازم قبلاً تهیه شده است.

مرحله دوم - سنجش مقاومت بافرها:

الف - اثر افزودن اسید و باز بر pH آب شهر

برای این که اثر اسید یا باز اضافه شده بر تغییرات **pH** را مشاهده کنیم ابتدا ۳ میلی لیتر آب شهر را در بشر ریخته و با کاغذ تورنسل، **pH** آن را اندازه بگیرید، سپس ۰/۴ میلی لیتر هیدروکلریک اسید ۰/۱ مولار به آب اضافه کرده و تغییرات **pH** را با استفاده از کاغذ تورنسل اندازه گیری کرده و یادداشت نمایید. همین آزمایش را با سود ۰/۱ مولار تکرار کرده و تغییرات **pH** را یادداشت کنید.

ب - اثر افزودن اسید و باز بر pH محلول بافر

ابتدا ۳ میلی لیتر بافرهای ساخته شده را در بشر ریخته و با کاغذ تورنسل، **pH** آن را اندازه بگیرید، سپس ۰/۴ میلی لیتر هیدروکلریک اسید ۰/۱ مولار به بافر اضافه کرده و تغییرات **pH** را با استفاده از کاغذ تورنسل اندازه گیری کرده و یادداشت نمایید. همین آزمایش را با سود ۰/۱ مولار تکرار کرده و تغییرات **pH** را یادداشت کنید.
تغییرات **pH** را برای هر مورد در جدولی نوشته و مقایسه نمایید.

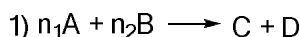
تمرین:

- (۱) یک واکنش سنتز دارو بنویسید که در آن pH ثابت باشد؟
- (۲) فرمول و روش تهیه بافرهایی با pH های ۶ و ۹ بنویسید.

آزمایش ۳: تیتراسیون

تیتراسیون در لغت به معنی سنجش حجمی است و روشی است که توسط آن مقدار نمونه موجود در یک محلول، بر اساس مقدار واکنش گر استاندارد مصرف شده، تعیین می‌شود. عمل تیتراسیون تا زمانی ادامه می‌یابد که مشخص شود واکنش بین محلول استاندارد و ماده مورد آنالیز (آنالیت) کامل شده است.

محلول استاندارد محلولی است که غلظت آن دقیقاً مشخص است. غلظت یک محلول استاندارد به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم تعیین می‌شود. هدف از تیتراسیون، افزودن محلول استاندارد به مقداری است که از نظر شیمیایی معادل با ماده مورد آنالیز (آنالیت) باشد. این حالت را نقطه هم ارزی می‌گویند. بنابراین در نقطه هم ارزی تعداد اکی والان گرم‌های ماده استاندارد با تعداد کمی اکی والان گرم‌های آنالیت با یکدیگر مساوی می‌شوند. فرض کنید ماده B را توسط ماده استاندارد A تیتراژ نماییم. بنابراین با توجه به واکنش فرضی (۱)، تعداد اکی‌والان‌های هر دو ماده در نقطه هم‌ارزی، مطابق رابطه (۲) خواهد بود:



$$2) \frac{M_A V_A}{n_1} = \frac{M_B V_B}{n_2}$$

که در این رابطه متغیرها عبارت‌اند از:

M_A ، غلظت مولار محلول استاندارد

V_A ، حجم محلول استاندارد

n_1 ، ضریب استوکیومتری محلول استاندارد

M_B ، غلظت مولار محلول مورد آنالیز

V_B ، حجم محلول مورد آنالیز

n_2 ، ضریب استوکیومتری محلول مورد آنالیز

نکته مهم: توجه شود که n_1 و n_2 در این جا ضریب استوکیومتری اجزاء واکنش‌دهنده در یک واکنش هستند و با ظرفیت مواد (n) ذکر شده در آزمایش ۱، متفاوت هستند.

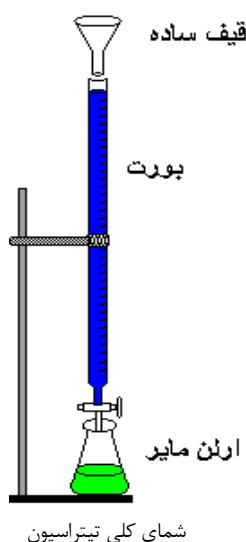
برای تشخیص نقطه هم‌ارزی معمولاً از یک تغییر فیزیکی قابل مشاهده مانند تغییر رنگ، تغییر پتانسیل محلول، تغییر هدایت محلول، تغییر ضریب انکسار محلول و... استفاده می‌کنند. اگر موادی که در تیتراسیون مستقیماً شرکت دارند رنگی باشند، نیازی به استفاده از مواد کمکی (شناساگرهای رنگی) نیست. اما در اغلب موارد، به یک ماده کمکی به نام معرف یا شناساگر یا (*Indicator*) نیاز می‌باشد تا در نقطه هم‌ارزی تغییر رنگ دهد. وقتی که تغییر فیزیکی در نقطه هم‌ارزی مشاهده گردید، عمل تیتراسیون خاتمه یافته تلقی می‌شود. تیتراسیون‌ها انواع مختلفی دارند:

- تیتراسیون‌های اسید و باز
- تیتراسیون‌های اکسایش و کاهش
- تیتراسیون‌های رسوبی
- تیتراسیون‌های تشکیل کمپلکس

تیتراسیون اسید و باز

تعیین غلظت اسیدها در واکنش خنثی شدن توسط بازها و بالعکس را تیتراسیون اسید و باز می‌گویند. این عمل را بایستی در حضور یک شناساگر انجام داد. یکی از شناساگرهای مناسب برای تیتراسیون اسید و باز، فنل فتالین است که در محیط اسیدی بی‌رنگ و در محیط قلیایی ارغوانی است.

محلولی که غلظت آن معلوم است (محلول استاندارد) را توسط یک قیف در بورت می‌ریزند. مقدار ۵ تا ۱۰ از محلول مجهول مورد آنالیز را در یک ارلن ریخته و ۲-۳ قطره شناساگر فنل فتالین به آن اضافه می‌کنند و سپس ارلن را زیر شیر بورت قرار می‌دهند.



روش به کارگیری پی‌پت:

توجه: هرگز پی‌پت را داخل ظرف اصلی مواد مایع ننمید.

مقداری از مایعی را که می‌خواهید با پی‌پت به ظرف دیگری منتقل کنید را از ظرف اصلی به یک بشر انتقال دهید. قسمت خارجی نوک پی‌پت را با دستمال تمیز خشک کرده و سپس پی‌پت را هموژن نمایید. برای هموژن کردن پی‌پت، با استفاده از پوار چند بار مقادیر ۲-۳ میلی‌لیتر از محلول به درون پی‌پت کشیده و سپس آن را در ظرف مواد زائد خالی نمایید بدین ترتیب پی‌پت هموژن می‌شود. پس از هموژن کردن پی‌پت، با استفاده از پوار، مقدار مورد نیاز از مایع را به درون پی‌پت بکشید و سپس با استفاده از دکمه خروج پوار، مایع را درون ظرف مورد نظر بریزید. معمولاً یک قطره از مایع در نوک پی‌پت باقی می‌ماند که این حجم، محاسبه شده به‌شمار آمده و نیازی به خالی کردن آن (به کمک روش فوت کردن) نیست.

روش به کارگیری بورت:

در حین افزودن ماده تیتروکننده از بورت به داخل ارلن محلول مجهول، شیر را با دست چپ باز و بسته کرده وارلن را با دست راست بچرخانید تا محلول به هم بخورد.

روش صحیح انجام تیتراسیون:

ابتدا یک تکه کاغذ سفید را در زیر ارلن مایر قرار دهید بدین ترتیب می‌توانید نقطه پایانی تیتراسیون (نقطه ای که معرف تغییر رنگ می‌دهد) را به راحتی تشخیص دهید. سعی کنید سرعت افزودن محلول استاندارد به محلول مجهول، سرعت ثابت و یکنواختی باشد. در نزدیکی نقطه پایانی (معمولاً در این نقطه محلول رنگی می‌شود و یا رنگ آن از بین می‌رود) با سرعت کم‌تری تیتراژ کردن را ادامه دهید این عمل باعث دقیق‌تر تعیین شدن نقطه پایانی تیتراسیون می‌شود.

وسایل و مواد مورد نیاز:

۱- بورت ۲۵ یا ۵۰ میلی‌لیتری ۲- ارلن ۱۰۰ میلی‌لیتری ۳- بشر ۵۰ یا ۱۰۰ میلی‌لیتری ۴- پی‌پت پمپ (پوار) ۵- هیدروکلریک اسید با غلظت مجهول ۶- محلول سود ۰/۱ مولار

روش کار: ۱۰ میلی‌لیتر از نمونه اسید (با غلظت مجهول) در یک ارلن ۱۰۰ یا ۲۵۰ میلی‌لیتری ریخته و دو قطره فنول فتالین به آن اضافه نمایید. سپس بورتی را که توسط محلول استاندارد سود ۰/۱ مولار هموژن شده است را از این محلول بشر پر نمایید. بهتر است یک برگ کاغذ سفید زیر ارلن قرار دهید تا تغییر رنگ را بهتر مشاهده کنید.

نکته مهم: شستن ارلن مایر با آب مقطر کافی است. ارلن را هیچ‌گاه نباید با محلول مجهول هموژن کرد. چرا؟

در حالی که ارلن را توسط دست راست گرفته و آهسته در زیر شیر بورت حرکت دورانی می‌دهید شیر بورت را با دست چپ باز کرده به نحوی که محلول موجود در بورت قطره قطره خارج شود. این عمل را ادامه دهید تا زمانی که با افزودن قطره‌ای از سود به محلول، رنگ ارغوانی داخل ارلن ایجاد شده و دیگر از بین نرود. به محض ایجاد رنگ ارغوانی، شیر بورت را بسته و حجم سود مصرفی را از روی بورت قرائت کنید و از روی حجم سود مصرف شده، طبق رابطه (۲) غلظت اسید را محاسبه کنید. این آزمایش را چند بار تکرار کنید تا دقیق‌ترین حجم سود مصرفی به دست آید.

پرسش:

- ۵- شناساگر متداول مود استفاده در تیتراسیون را نام برده و محدوده pH آن‌ها را بیان نمایید؟
- ۲- خطای تیتراسیون را تعریف کرده و منابع آن را بنویسید؟

آزمایش ۴: اندازه‌گیری نقطه ذوب و جوش

الف- اندازه‌گیری نقطه ذوب:

برای تشخیص خالص بودن یک جسم از ثابت های فیزیکی مانند نقطه ذوب، نقطه جوش و اندیس شکست نور استفاده می شود. نقطه ذوب یک جسم دمایی است که در آن، فازهای مایع و جامد آن ماده بدون تغییر درجه حرارت در حال تعادل با یکدیگر باشند. چنانچه در نقطه ذوب به مخلوط فازهای جامد و مایع یک جسم خالص حرارت داده شود، افزایش در دما رخ نمی دهد بلکه تمام جامد به مایع تبدیل می شود. بنابراین نقطه ذوب و نقطه انجماد یک جسم خالص یکسان است.

نقطه ذوب مشاهده شده به چندین عامل بستگی دارد: اندازه نمونه، کیفیت جزئی نمونه، سرعت گرم کردن و همچنین خلوص و ماهیت نمونه.

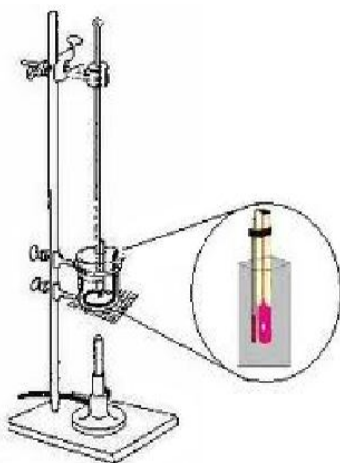
در اندازه گیری نقطه ذوب با لوله موئین از گرمکن های گوناگون استفاده می شود. این گرمکن ها از یک بشر ساده که محتوی مایعی با نقطه جوش بالا است شروع شده و به وسایل کاملی می رسد که با الکتریسیته گرم می شوند. برای تأمین گرمای یکنواخت جهت ذوب ماده، از مایعاتی مانند گلیسرین، پارافین، اتیلن گلیکول و سولفوریک اسید غلیظ می توان استفاده کرد.

وسایل و مواد مورد نیاز:

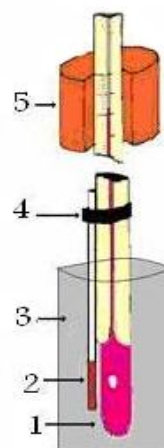
- ۱- دماسنج ۳۰۰ ۲- لوله موئین ۳- بشر ۱۰۰ میلی لیتری ۴- پارافین ۵- نخ باریک

روش کار:

انتهای لوله موئین را به کمک شعله ببندید. نمونه را در لوله موئین بریزید. آسان ترین راه پر کردن لوله موئین آن است که مقدار کمی از نمونه پودر شده را بر روی یک شیشه ساعت کوچک ریخته و چند بار نوک لوله موئین را به داخل جسم جامد بزنید. با برگرداندن لوله و کوبیدن انتهای بسته شده لوله بر روی یک سطح محکم، جسم جامد را در انتهای لوله متراکم نمود. یک روش عالی برای متراکم کردن ماده این است که لوله موئین را در داخل یک لوله به بلندی یک متری انداخته و چند بار این کار را تکرار کنید. سپس لوله موئین را به وسیله یک نخ باریک به دماسنج متصل نمایید به نحوی که انتهای لوله موئین، کاملاً به موازات مخزن دماسنج قرار گرفته باشد. پس از انجام این کار، دماسنج را به داخل مایع گرمکن فرو برده و با استفاده از چراغ بونزن، به آرامی دمای مایع گرمکن را بالا ببرید (حدود ۲ درجه در دقیقه). دمایی را که در آن، عمل ذوب شدن شروع می شود و نیز دمای خاتمه ذوب شدن را یادداشت کنید. اگر نمونه به خوبی متراکم شده باشد اختلاف این دو دما در حدود ۱-۳ درجه سانتی گراد است. حاصل جمع دو دما تقسیم بر دو همان دمای ذوب نمونه مورد نظر می باشد.



شمای کلی چگونگی اندازه گیری نقطه ذوب



نمای نزدیک چگونگی بستن لوله موئین به دماسنج

ب- اندازه گیری نقطه جوش:

مولکول های یک ماده، در هر ظرفی که باشند تعدادی از آن ها به طور خودبه خودی از فاز مایع به فاز گازی وارد می شوند (تبخیر)، در عین حال تعدادی هم از مولکول های فاز گازی ماده به فاز مایع تبدیل بر می گردند (میعان). علت خروج مولکول های ماده از فاز مایع این است که مولکول های آن به طور دائم به هم برخورد می کنند و این برخوردها سبب می شوند که برخی از این مولکول ها انرژی بگیرند و به فاز بخار وارد

شوند. اگر ماده را حرارت دهیم، عملاً این برخوردها را افزایش داده‌ایم پس احتمال بخار شدن زیاد می‌شود، وقتی مایع بخار می‌شود به دمای جوش نزدیک می‌شود با افزایش دما سرعت تبخیر یک مایع زیادتر می‌شود در نتیجه فشار بخار آن ماده افزایش می‌یابد.

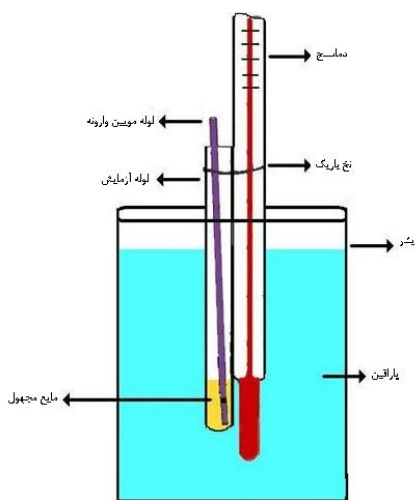
نقطه جوش یک مایع دمایی است که در آن فشار بخار مایع با فشار بخار محیط (در سطح دریا = یک اتمسفر) برابر باشد. اگر نقطه جوش یک مایع بالا باشد یا بر اثر گرما (قبل از به جوش آمدن) تجزیه شود می‌توان با کاهش فشار، آن را در دماهای پایین‌تر به جوش آورد. اضافه کردن ناخالصی‌های غیرفرار مانند نمک به آب، مانع فرار مولکول‌ها به فاز گازی شده و در نتیجه نقطه جوش را افزایش می‌دهد. مایعاتی که نیروهای جاذبه بین مولکولی آنها ضعیف است دارای فشار بخار زیاد و در نتیجه دمای جوش پایین هستند.

وسایل و مواد مورد نیاز:

- ۱- دماسنج ۳۰۰ ۲- لوله موئین ۳- بشر ۱۰۰ میلی‌لیتری ۴- پارافین ۵- لوله آزمایش کوتاه ۵- نخ باریک

روش کار اندازه‌گیری نقطه جوش به روش میکرو:

انتهای یک لوله موئین را به کمک شعله بسته و آن را به‌طور وارونه داخل لوله آزمایش حاوی محلول مورد نظر وارد کنید. لوله آزمایش را با یک نخ باریک به دماسنج ببندید. دماسنج و لوله متصل به آن را داخل حمام روغن قرار دهید (مطابق شکل روبرو). درجه حرارت را بالا ببرید تا حباب‌های تند و مداومی از لوله موئین خارج شود. هنگامی که دمای جوش مایع فرا رسد، تغییر مشخصی در حرکت آرام حباب‌ها دیده می‌شود و این تغییر در اثر انبساط حرارتی هوای محبوس شده درون لوله موئین صورت می‌گیرد. در این حال حرارت را قطع کنید. با سرد شدن تدریجی حمام سرعت خروج حباب کم می‌شود. در لحظه‌ای که خروج حباب کاملاً متوقف می‌شود و مایع شروع به بالا رفتن از داخل لوله موئین می‌کند دمای دماسنج را یادداشت کنید. این دما نقطه جوش نمونه مایع است.



اندازه‌گیری نقطه جوش به روش میکرو

پرسش:

- ۱- سه ثابت فیزیکی دیگر به غیر از ذوب و جوش را نام ببرید؟
- ۲- علت متراکم کردن ماده در اندازه‌گیری نقطه ذوب چیست؟

آزمایش ۵: اندازه‌گیری چگالی و گرانروی مایعات

الف- اندازه‌گیری چگالی مایعات با استفاده از روش پیکنومتر

چگالی یا جرم حجمی یکی از خواص فیزیکی ماده است که برای هر جسم، جرم واحد حجم آن جسم می باشد. به دلیل این که حجم اجسام با دما تغییر می کند چگالی مواد در دمای معین مقداری ثابت است. چگالی را می توان از رابطه $d=m/v$ محاسبه نمود. در این رابطه d چگالی، m جرم جسم و v حجم می باشد. واحد چگالی برای مواد جامد و مایع gr/cm^3 و برای گازها gr/lit است.

چگالی نسبی: چگالی نسبی عبارت است از نسبت جرم واحد حجم ماده مورد نظر در دمای معین به آب خالص در یک دمای مرجع. دمای مرجع آب $4^{\circ}C$ در نظر گرفته می شود. دمایی که در آن چگالی نسبی و چگالی واقعی آب برابر است و آب در این شرایط بیشترین چگالی را دارد. ($d = 0.999972 \text{ gr/ml}$).

ساده ترین راه برای اندازه‌گیری چگالی مایعات، مشخص کردن وزن مقدار معینی از مایع است. برای این منظور از وسیله مخصوصی به نام پیکنومتر استفاده می شود.

مواد و وسایل مورد نیاز:

پیکنومتر، استون، اتانول

روش کار:

برای اندازه‌گیری چگالی مایعات از روش‌های مختلفی استفاده می شود که ساده ترین آن استفاده از وسیله‌ای به نام پیکنومتر است. برای کار با این وسیله شیشه‌ای، ابتدا آن را چندین بار با آب مقطر شسته و سپس با مقدار کافی استون یا اتانول آن را شسته و در آن (دمای زیر 50° درجه سانتیگراد) خشک می کنیم. سپس وزن پیکنومتر را با مایع مورد نظر (استون، اتانول و ...) را به دست می آوریم و با قرار دادن مقادیر به دست آمده در فرمول زیر چگالی نسبی مایع مورد نظر را محاسبه می کنیم.



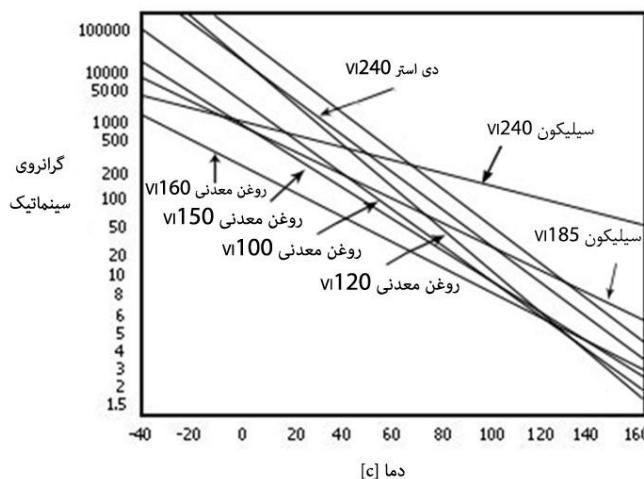
پیکنومتر

نکته: در هنگام پر کردن پیکنومتر، حتماً باید دقت داشت که لوله موئینه سر پیکنومتر از مایع مورد نظر پر باشد و چند قطره ای از مایع مورد نظر از لوله موئینه آن خارج شود و اطراف آن با دستمال کاغذی کاملاً خشک گردد.

ب- اندازه‌گیری گرانروی مایعات به روش استوک

مقاومتی که سیال‌ها در مقابل حرکت نسبی لایه‌های مختلف آن سیال از خود نشان می دهند به گرانروی (ویسکوزیته) سیال موسوم است و می توان آن را به عنوان معیاری از اصطکاک داخلی یا مقاومت در برابر جریان یک سیال در نظر گرفت.

برخی از مایعات به آسانی در ظرف یا لوله جاری می شوند و با سرعت خوبی از لوله عبور می کنند در حالی که مایعات غلیظ مانند عسل و



قیر مذاب به سختی از داخل ظرف خارج می شوند و در مقابل ریزش مقاومت می کنند. این مقاومت مانند نیروی اصطکاک از حرکت مایع جلوگیری می کند. عبور مایع از یک لوله در تمام قسمت‌ها یکسان نیست به طوری که هرچه به سمت مرکز لوله نزدیک می شویم سرعت لایه‌های مایع بیش تر است. بیش ترین سرعت، مربوط به قشر نازک میانی لوله است و بالاترین اصطکاک مربوط به آخرین لایه است که می توان آن را ساکن فرض نمود.

واحد عمومی متریک برای ویسکوزیته، پواز ($Poise$) می باشد که به صورت نیروی مورد نیاز برای حرکت یک سانتی متر مربع از سطحی به صورت موازی در مقابل سطحی دیگر، با سرعت یک

سانتیمتر بر ثانیه (cm/s) تعریف می‌شود. این سطوح به وسیله فیلمی از سیال با ضخامت یک سانتی‌متر جدا می‌شوند. منطقی است اگر تصور کنیم که در مایعات، گرانیوی (ویسکوزیته) با افزایش دما کاهش می‌یابد زیرا در این صورت مولکول‌ها انرژی جنبشی بیشتری دارند و پیوندهای بین مولکولی ضعیف‌تر می‌شوند (به نمودار روبرو توجه شود).

قانون استوک ($Stock's law$) اساس ویسکومتریهای سقوطی را تشکیل می‌دهد. هنگامی که یک گلوله فلزی کوچک با اندازه و چگالی به داخل یک لوله عمودی شیشه‌ای حاوی یک داخل سیال بیندازید؛ اگر سرعت سقوط گلوله (مدت زمان لازم برای عبور گلوله از میان دو شاخص) به درستی محاسبه شود، با محاسبه سرعت گلوله، اندازه و چگالی آن و همچنین چگالی سیال مورد نظر، می‌توان از قانون استوک برای محاسبه گرانیوی آن سیال استفاده نمود.

مواد و وسایل مورد نیاز:

لوله بلند شیشه‌ای ته بسته یا بورت، گلوله کوچک فلزی یا شیشه‌ای، کرومومتر، پایه و گیره، حمام آب گرم، گلیسرین.

روش آزمایش:

ابتدا یک لوله شیشه‌ای ته بسته به ارتفاع حدود یک متر (یا یک بورت) را از گلیسرین پر کنید. سپس گلوله‌ای در آن رها نمایید (قبل از انجام آزمایش، قطر گلوله را توسط کولیس و جرم گلوله‌ها را با ترازو اندازه‌گیری کنید). با اندازه‌گیری زمان عبور گلوله در درون مایع و در طول معینی از لوله شیشه‌ای، می‌توان سرعت حد گلوله را به دست آورد. (آزمایش را حداقل سه بار تکرار کنید). طبق قانون استوک، نیروی مقاومت گلوله در برابر حرکت در مایع برابر است با:

$$F = (m - m_0)g \quad \text{از طرفی، نیروی جاذبه زمین که بر این گلوله وارد می‌شود نیز مساوی است با:}$$

در هنگام رسیدن به سرعت حد مقدار این دو نیرو با یکدیگر مساوی است. بنابراین می‌توان نوشت:

$$6\pi\eta rV = (m - m_0)g \rightarrow \eta = \frac{(m - m_0)g}{6\pi rV}$$

که در این رابطه m جرم گلوله، m_0 جرم مایع گلیسرین هم حجم گلوله، g شتاب ثقل زمین، V سرعت حد گلوله در داخل مایع و r شعاع گلوله است. با اندازه‌گیری V ، گرانیوی (η) را در محاسبه نمایید.

سئوالات و تمرین‌ها:

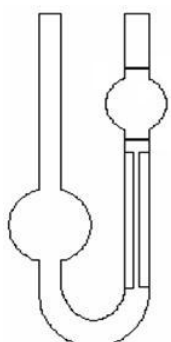
- ۱- مقدار انرژی چسبندگی محاسبه شده را با انواع انرژی‌های بین اتمی و بین مولکولی مقایسه کنید و عوامل مؤثر در انرژی چسبندگی گلیسرین را توضیح دهید.
- ۳- عوامل خطا در این آزمایش را بنویسید.

ج- اندازه‌گیری گرانیوی محلول‌ها به روش استوالد:

یکی از انواع ویسکوزیمترها، ویسکوزیمتر استوالد است که در شکل روبرو نشان داده شده است. اساس روش بر اندازه‌گیری زمان جاری شدن حجمی از مایع مورد آزمایش در یک لوله موئین با طول و شعاع معین است. زمان مورد نیاز برای انتقال کل سیال مورد آزمایش از محفظه بالایی به پایینی، به دقت اندازه گرفته می‌شود با ضرب زمان به دست آمده در ضریب تبدیل ویسکومتر، گرانیوی جنبشی سیال محاسبه می‌شود. به دلیل تاثیر دما در ویسکوزیته سیل این ویسکومترها اغلب در یک دمای ثابت و در داخل یک حمام آب مورد استفاده قرار می‌گیرند. در دمای ثابت، رابطه (۱) بین گرانیوی یک محلول و حلال آن برقرار است.

$$(1) \quad \frac{\eta}{\eta^0} = \frac{t}{t^0} \times \frac{d^0}{d}$$

در این رابطه، η گرانیوی محلول مورد نظر، η^0 گرانیوی حلال، t زمان عبور محلول از ویسکومتر، t^0 زمان عبور حلال از ویسکومتر، d چگالی محلول و d^0 چگالی حلال می‌باشد.



ویسکوزیمتر استوالد

با استفاده از رابطه (۲)، می‌توان کسر حجمی ماده حل شده در محلول (Q) را به‌دست آورد و در نهایت با استفاده از رابطه (۳) می‌توان حجم مولکول‌های جزء حل شده در محلول را محاسبه نمود.

$$(۲) \frac{\eta_{\text{محلول}}}{\eta_{\text{حلال}}} = 1 + 2.5Q$$

$$(۳) Q = \frac{\text{حجم ماده حل شده}}{\text{حجم محلول}}$$

حجم یک مولکول از ماده مورد نظر برابر با حجم کل ماده تقسیم بر تعداد مولکول‌های جزء مولی آن ماده می‌باشد.

وسایل و مواد مورد نیاز:

محلول سدیم کلرید ۰/۵ مولار، ۳ عدد بالن ژوژه ۵۰ میلی‌لیتری، ویسکوزیومتر استوالد، پیکنومتر، دماسنج، بشر یک لیتری.

روش کار:

۱۰۰ میلی لیتر از محلول سدیم کلرید ۰/۵ مولار تهیه کرده و از این محلول، ۵۰ میلی لیتر محلول‌هایی با غلظت ۰/۱ و ۰/۰۵ و ۰/۰۲۵ مولار تهیه کنید. زمان عبور سه محلول فوق و آب مقطر و محلول مجهول را در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد در ویسکوزیومتر استوالد تعیین کنید. توجه کنید حجم تمام محلول‌ها در ویسکوزیومتر باید برابر باشد. چگالی محلول‌ها و آب مقطر را توسط پیکنومتر به دست آورید.

پرسش و تمرین:

- ۱- مقدار Q و همچنین تعداد مول‌های ماده حل شده را برای هر یک از محلول‌ها به دست آورید.
- ۲- منحنی تغییرات حجم ماده حل شده را بر حسب مولاریته رسم کرده و در مورد آن بحث کنید.
- ۳- حجم یک مولکول از ماده حل شده را به دست آورده و سپس شعاع مولکول را محاسبه کنید.
- ۴- عوامل خطا در آزمایش را بحث کنید.

آزمایش ۶: اثر دما، غلظت و کاتالیزگر بر سرعت واکنش

مطالعه عواملی که در سرعت واکنشها مؤثرند از نظر تئوری و صنعتی از اهمیت فوق العاده‌ای برخوردار است، زیرا می‌توان از این طریق مناسب‌ترین حالت را برای انجام واکنش و رسیدن به محصول پیش‌بینی کرد. به طور کلی سرعت واکنش‌های شیمیایی تابع پنج عامل طبیعت واکنش‌گرها، ناحیه سطحی واکنش‌گرها، غلظت واکنش‌گرها، دما و کاتالیزگر است و در واکنش‌های گازی، فشار گاز (غلظت) در معادله سرعت نقش اساسی دارد.

طبیعت واکنش‌گرها:

بعضی از مواد ذاتاً فعال‌تر از سایر مواد هستند و بنابراین تغییرات شیمیایی آنها، از بقیه مواد سریع‌تر است. برای مثال، واکنش سدیم فلزی و آب، به شدت سریع و گرمازا است در حالی‌که بین طلا و آب هیچ واکنشی اتفاق نمی‌افتد. هیدروژن با فلوئور در دمای اتاق به صورت انفجاری واکنش می‌دهند؛ در صورتی‌که واکنش بین هیدروژن و ید حتی در دماهای بالا کند است.

ناحیه سطحی واکنش‌گرها:

هر چه یک واکنش‌گر سطح بیش‌تری را در اختیار واکنش قرار دهد سرعت واکنش بیش‌تر می‌شود. برای مثال، تکه بزرگی از ذغال خیلی آهسته می‌سوزد ولی خاکی ذغال خیلی سریع می‌سوزد. پتاسیم یدید جامد با نیترات سرب جامد، بسیار آهسته واکنش می‌دهد در صورتی‌که در حالت محلول، این دو ماده فوراً یدید سرب را تشکیل می‌دهند.

الف- اثر غلظت بر سرعت واکنش

سرعت یک واکنش در هر لحظه برابر با تغییرات تعداد مول‌های مواد اولیه یا محصولات در واحد حجم است. به عبارت بهتر، سرعت واکنش تعداد مول‌های از دست رفته ماده اولیه در واحد حجم و واحد زمان است. اگر dx تغییرات مول ماده اولیه و dt تغییرات زمان باشد سرعت برابر است با $v = -\frac{dx}{dt}$

علامت منفی، نشان‌دهنده مصرف شدن ماده اولیه می‌باشد. غالباً در یک واکنش شیمیایی، سرعت در لحظات ابتدایی واکنش شیمیایی بیش‌تر است زیرا در آن لحظات، غلظت ماده اولیه در بیش‌ترین مقدار است و با گذشت زمان، سرعت واکنش کم‌تر می‌شود. افزایش غلظت چون باعث تجمع مولکول‌ها در یک حجم معین می‌شود و در نتیجه تعداد کل برخورد های مؤثر در واحد زمان افزایش می‌یابد.

مواد و وسایل مورد نیاز:

محلول سولفیت نشاسته، محلول پتاسیم یدات ۰/۰۲ مولار، بالن ژوژه ۲۵۰ میلی‌لیتری، پی‌پت، ارلن ۲۵۰ میلی‌لیتری، کرومومتر

روش کار:

(a) تهیه ۲۵۰ میلی‌لیتر محلول سولفیت نشاسته: ۰/۳۲ گرم سدیم سولفیت را در مقداری آب حل نمایید سپس ۱/۲ گرم نشاسته را در مقداری آب جوش حل کرده و بعد از سرد نمودن دو محلول را در یک بالن حجمی ۲۵۰ مخلوط و ۳/۳ میلی‌لیتر سولفوریک اسید ۳ مولار به آن اضافه نموده و سپس محلول را به حجم برسانید.

(b) تهیه محلول پتاسیم یدات ۰/۰۲ مولار: ۱/۰۷ گرم پتاسیم یدات را در آب حل کرده و محلول حاصل را در یک بالن حجمی ۲۵۰ به حجم برسانید.

الف- ۱۰ میلی‌لیتر از محلول یدات را توسط پی‌پت به ارلن منتقل نموده و به‌وسیله استوانه مدرج ۸۰ میلی‌لیتر آب و ۱۰ میلی‌لیتر از محلول سولفیت- نشاسته را به محلول داخل ارلن اضافه نمایید، همزمان با اضافه کردن محلول سولفیت نشاسته، کرومومتر را به‌کار انداخته و به محض تغییر رنگ محلول، آن را متوقف نمایید. زمان تغییر رنگ محلول را یادداشت کنید.

۲- آزمایش بالا را با ۱۵ میلی‌لیتر محلول یدات و ۷۵ میلی‌لیتر آب و ۱۰ میلی‌لیتر محلول سولفیت تکرار کرده و زمان را یادداشت کنید.

۳- آزمایش‌های ۳، ۴، ۵ را به ترتیب با ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میلی‌لیتر یدات و ۱۰ میلی‌لیتر محلول سولفیت نشاسته انجام دهید. در هر آزمایش، حجم آب مقطر باید مقداری باشد که حجم کل محلول داخل ارلن به ۱۰۰ میلی‌لیتر برسد.

تمرین:

۱- جدول زیر را کامل کنید.

شماره آزمایش	۱	۲	۳	۴	۵
حجم محلول یدات (میلی لیتر)	۱۰	۱۵	۲۰	۳۰	۴۰
حجم آب مقطر (میلی لیتر)	۸۰	۷۵	۷۰	۶۰	۵۰
(مولار) $[IO_3^-]$	$(1.0 \times 10^{-2}) \div 100 =$				
زمان واکنش (ثانیه)					

۲- $-\log [IO_3^-]$ را بر حسب t در کاغذ میلی متری رسم کنید.

۳- معادله موازنه شده واکنش بین دو محلول را بنویسید.

ب- اثر دما بر سرعت واکنش

افزایش دما باعث افزایش انرژی جنبشی مولکول‌ها شده و در نتیجه تعداد برخوردهای مؤثر در واحد زمان افزایش می یابد که نتیجه این عمل افزایش سرعت واکنش است.

مواد و وسایل مورد نیاز:

بن ماری، محلول سولفوریک اسید ۰/۵ مولار، محلول محلول سدیم تیوسولفات ۰/۲۵ مولار، پی پت، لوله آزمایش، کرومومتر

روش کار:

سه لوله آزمایش برداشته و در هر کدام ۵ میلی لیتر سولفوریک اسید ۰/۵ مولار بریزید. در سه لوله آزمایش دیگر، هر کدام ۵ میلی لیتر محلول سدیم تیوسولفات ۰/۲۵ مولار بریزید.

۱- در دمای معمولی $25^\circ C$ ، یکی از لوله های حاوی اسید را به یکی از لوله های حاوی سدیم تیوسولفات اضافه نموده و آن را به هم زده و همزمان کرومومتر را به کار اندازید. به محض ظاهر شدن گوگرد (کدر شدن مخلوط) کرومومتر را متوقف و زمان را یادداشت کنید.

۲- آزمایش فوق را در دماهای ۴۰ و ۶۰ درجه سانتی گراد تکرار نمایید.

پرسش و تمرین:

۱- جدول زیر را کامل کنید.

شماره آزمایش	۱	۲	۳
دما (درجه سانتیگراد)	۲۵	۴۰	۶۰
زمان واکنش (ثانیه)			

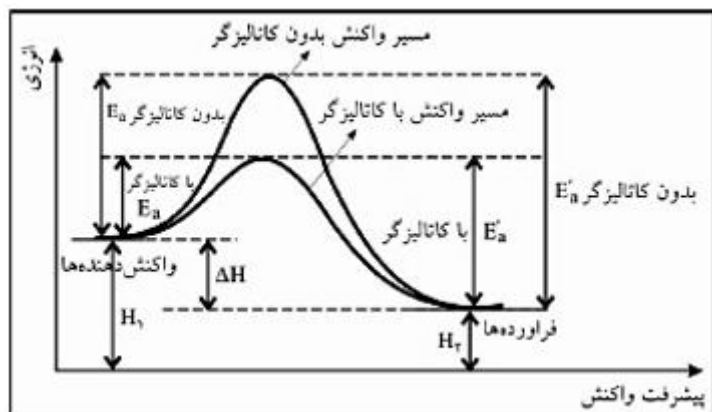
۲- نمودار اثر افزایش دما بر سرعت واکنش را در کاغذ میلی متری رسم کنید.

۳- معادله موازنه شده واکنش بین دو محلول را بنویسید.

ج- اثر کاتالیزگر بر سرعت واکنش

کاتالیزگر، ماده ای است که سرعت واکنش شیمیایی را افزایش می دهد و خود در واکنش مصرف نمی شود. کاتالیزگر ساز و کار و مسیر انجام واکنش را تغییر می دهد و با کاهش دادن انرژی فعال سازی رفت و برگشت به یک میزان، باعث کاهش آنتالپی تشکیل پیچیده فعال و در نتیجه، افزایش

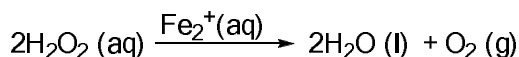
سرعت واکنش می شود. در واقع، در واکنش کاتالیز شده نسبت به واکنش کاتالیز نشده، ساختار پیچیده فعال متفاوت است. هم چنین کاتالیزگر می تواند تعداد مراحل انجام یک واکنش را تغییر دهد.



همان گونه که در شکل روبرو مشاهده می شود کاتالیزگر بر روی ΔH واکنش رفت و ΔH واکنش برگشت تاثیر ندارد چون ΔH یک پارامتر ترمودینامیکی است؛ در حالی که اثر کاتالیزگر، یک اثر سینتیکی است. کاتالیزگر روی مسیر واکنش اثر دارد ولی روی سطح انرژی مواد اولیه و محصول اثری ندارد. نکته: اگر واکنشی خود به خودی نباشد، در حضور کاتالیزگر هم خود به خودی نخواهد بود. زیرا خود به خودی بودن یا نبودن یک واکنش به عوامل ترمودینامیکی ΔS و ΔH بستگی دارد که کاتالیزگر بر آن ها بی اثر است.

انواع واکنش های کاتالیز شده:

- ۱- واکنش هایی که در آن ها کاتالیزگر و همه مواد واکنش دهنده در یک فاز باشند، کاتالیز شده همگن هستند.
 - ۲- واکنش هایی که در آن ها کاتالیزگر و مواد واکنش دهنده در یک فاز قرار نداشته باشند، کاتالیز شده ناهمگن هستند.
- برای مثال، تجزیه آب اکسیژنه در حضور $FeSO_4$ ، مثالی از یک واکنش کاتالیز شده همگن به حساب می آید.

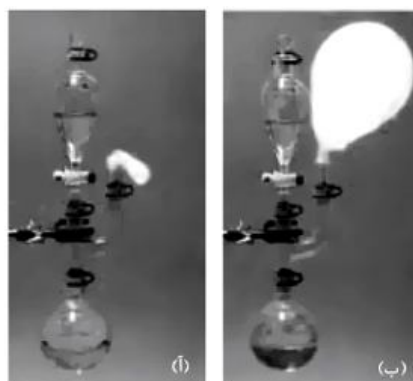


محلول هیدروژن پراکسید در دمای اتاق با سرعت بسیار کمی تجزیه می شود. اما اگر به آن اندکی $FeSO_4$ (به صورت جامد) اضافه کنیم، بلافاصله نمک به صورت $FeSO_4(aq)$ در آمده و یون های $Fe(aq)^{2+}$ و $SO_4(aq)^{2-}$ تولید می کند که به عنوان کاتالیزگر وارد عمل شده و سرعت واکنش را بالا می برد. به شکل زیر توجه نمایید.

واکنش تجزیه $H_2O_2(aq)$

(آ) در غیاب کاتالیزگر: همان طور که مشاهده می شود سرعت تولید گاز اکسیژن بسیار کم است و بادکنک پر نشده است.

(ب) در حضور کاتالیزگر $FeSO_4(aq)$: همان طور که مشاهده می شود در حضور کاتالیزگر، سرعت تولید گاز اکسیژن زیاد بوده و بادکنک به سرعت پر می شود.



برتری کاتالیزگر نسبت به دما:

در بسیاری از واکنش های صنعتی لازم است که سرعت واکنش طوری افزایش یابد که تولید فرآورده ها از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد. توجه کنید که بحث کارایی اقتصادی یک فرآیند، یک بحث صنعتی است نه آزمایشگاهی. سؤالی که مطرح می شود این است که چرا به جای افزایش دما جهت افزایش سرعت واکنش، از کاتالیزگر استفاده می شود؟ در جواب باید گفت کاتالیزگر نسبت به دما دو برتری دارد:

- ۱- انرژی کمتری مصرف می شود و هزینه ها کاهش می یابد.
 - ۲- خطر تجزیه گرمایی موادی که نسبت به گرما حساس اند حذف می شود.
- مواد و وسایل مورد نیاز:

پودر پتاسیم کلرات ($KClO_3$)، شکر پودر شده، سولفوریک اسید غلیظ، پی پت، یک قطعه موزاییک 20×20 سانتی متری، هود شیمیایی

روش کار:



⚠️ **اخطار:** این آزمایش را فقط استاد درس، در زیر هود انجام دهد.

شکر یک منبع انرژی است. زمانی که پتاسیم کلرات و شکر معمولی با هم ترکیب شوند و یک قطره اسید سولفوریک به عنوان کاتالیزگر به آن اضافه شود، دو ماده به شدت با هم واکنش می‌دهند. در حالی که گرمای بسیار زیادی با شعله و مقدار زیادی دود تولید می‌کند. در این آزمایش، مقدار تقریباً برابری از پتاسیم کلرات و شکر پودر شده را با هم مخلوط کرده و آن را بر روی یک موزاییک 20×20 سانتی متری می‌ریزیم. در زیرهود، یک قطره سولفوریک اسید غلیظ را با احتیاط به مخلوط اضافه می‌کنیم. مخلوط به شدت شعله‌ور می‌شود.

پرسش:

- ۱- علت استفاده از موزاییک چیست؟
- ۲- چرا استفاده از پتاسیم یدات به جای پتاسیم کلرات سرعت واکنش را به شدت کاهش می‌دهد؟

آزمایش ۷: تهیه یک نمک مضاعف و یک کمپلکس و مقایسه آن‌ها با یکدیگر

هدف از انجام این آزمایش، تهیه نمک مضاعف سولفات آمونیوم مس (II) و کمپلکس تتراآمین مس (II) و مقایسه پاره‌ای از خواص نمک مضاعف و نمک کمپلکس می‌باشد.

الف - کمپلکس‌ها

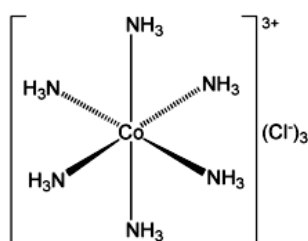
ترکیباتی وجود دارند که در آن‌ها اتم مرکزی از طریق حداقل یک پیوند داتیو با اتم‌های اطراف خود (لیگاندها) ارتباط برقرار می‌کند. در این ترکیبات، اتم مرکزی گیرنده جفت الکترون می‌باشد، چنین ترکیباتی را کمپلکس یا ترکیبات کئوردیناسیونی می‌نامند. اتم مرکزی در این ترکیبات، معمولاً دارای یک حفره الکترونی می‌باشد که می‌تواند الکترون‌های جفت‌نشده لیگاند را بگیرد و یک پیوند کووالانسی-کئوردیناسیونی (داتیو) تشکیل دهد. یک کمپلکس می‌تواند به صورت آنیونی، کاتیونی یا خنثی باشد. بیش‌تر عناصر جدول تناوبی اعم از فلزات گروه اصلی، فلزات گروه واسطه و غیرفلزات می‌توانند کمپلکس تشکیل دهند.

تاریخچه

تا سال ۱۹۱۳، ساختار کمپلکس‌ها مشخص نشده بود اما در این سال آلفرد ورنر-پدر شیمی کئوردیناسیونی، نظریه خود را در مورد ساختار کمپلکس‌ها اعلام کرد و این در حالی بود که هنوز ساختمان الکترونی اتم مشخص نشده بود. ورنر به دلیل مطالعاتی که روی کمپلکس‌های هشت وجهی، مسطح مربعی و چهار وجهی انجام داد و بنیانگذار شیمی کئوردیناسیون شد، جایزه نوبل شیمی را در سال ۱۹۱۳ دریافت کرد.

نظریه ورنر

ورنر اعلام کرد که هر اتم دارای دو نوع ظرفیت می‌باشد. ظرفیت اصلی و ظرفیت فرعی. طبق این نظریه، لزومی ندارد که فقط به اندازه ظرفیت اصلی یک اتم، اتم‌های دیگر به آن متصل شود بلکه پس از پر شدن ظرفیت اصلی که فضای کئوردیناسیونی داخلی را تشکیل می‌دهد،



اتم‌ها و یا گروه‌های دارای زوج الکترون (لیگاند) می‌توانند به ظرفیت فرعی یا فضای کئوردیناسیون خارجی که نشان‌گر عدد اکسیداسیون اتم مرکزی است، وارد شوند. قبل از این‌که ورنر این نظریه را اعلام کند دانشمندان در تعیین ساختمان ترکیباتی مانند $Co(NH_3)_6Cl_3$ اختلاف نظر داشتند. این ترکیب، یک ترکیب یونی است و کلرها به راحتی در آب یونیزه می‌شوند. اما NH_3 ها به آسانی جدا نمی‌شوند. ورنر این ترکیب را یک یک ساختمان هشت وجهی پیشنهاد کرد که اتم کبالت در مرکز و NH_3 ها با شش پیوند هم اندازه در اطراف و یون‌های کلر هم در فضای کئوردیناسیون خارجی حضور داشتند (شکل روبرو).

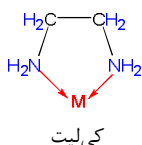
تعریف لیگاند

اتم یا گروهی که می‌تواند جفت الکترون در اختیار اتم مرکزی کمپلکس قرار دهد. لیگاند ممکن است یک ترکیب خنثی یا یک آنیون باشد.

انواع لیگاند

لیگاندهای یک دندانه: اتم یا گروهی که می‌تواند فقط یک جفت الکترون در اختیار اتم مرکزی کمپلکس قرار دهد. هالیدها، آمین‌های تک عاملی، یون‌های نیتрат، سیانید، سولفات، هیدروکسید و از مهم‌ترین لیگاندهای یک دندانه هستند.

لیگاندهای چند دندانه: این لیگاندها، گروه‌هایی هستند که می‌توانند بیش از یک جفت الکترون در اختیار اتم مرکزی کمپلکس قرار دهند. این لیگاندها کمپلکس‌های پایدارتری ایجاد می‌کنند و به کی‌لیت‌کننده‌ها معروف‌اند. شکل روبرو یک کی‌لیت (*Chelate*) را نشان می‌دهد.



عدد کئوردیناسیون

تعداد اتم‌هایی که در اولین لایه‌ی کئوردیناسیون، به فلز مرکزی کئوردینه شده‌اند را عدد کئوردیناسیون می‌گویند. عدد کئوردیناسیون هر ترکیب مشخص کننده ساختمان آن ترکیب می‌باشد. رایج‌ترین عدد کئوردیناسیون در کمپلکس‌ها، عدد ۴ و ۶ می‌باشد.

پایداری کمپلکس‌ها

پایداری کمپلکس‌ها به عوامل زیر وابسته است:

نوع فلز مرکزی و عدد اکسایش آن، شعاع یونی کاتیون فلز مرکزی، قدرت هسته‌دوستی لیگاند، ممانعت فضایی و الکتروستاتیکی لیگاند و توانایی تشکیل کی‌لیت

تهیه کمپلکس تتراآمین مس (II)

مواد و وسایل مورد نیاز:

سولفات مس (II) ۵ آبه، شیشه ساعت، اتانول، محلول غلیظ آمونیاک، لوله آزمایش، بشر ۵۰ میلی‌لیتری، قیف، پیپت، کاغذ صافی

روش کار:

۲/۵ گرم سولفات مس (II) ۵ آبه را کاملاً سائیده و در یک بشر ۵۰ میلی‌لیتری بریزید. آن را در ۵ میلی‌لیتر آب مقطر حل نمایید و سپس به محلول، ۱۰ میلی‌لیتر آمونیاک غلیظ بیافزایید تا رسوب $Cu(OH)_2$ کاملاً در آمونیاک حل شود. ۱۰ میلی‌لیتر اتانول به محلول اضافه کرده تا سطح محلول کاملاً با اتانول پوشیده شود. روی بشر را با یک شیشه ساعت بپوشانید و محلول را به مدت ۲۴ ساعت در محلی قرار دهید. بلورها را صاف کرده با کمی الکل شستشو دهید. بعد آن‌ها را روی کاغذ صافی خشک کنید. بلورها، همان کمپلکس تتراآمین مس (II) سولفات می‌باشند.



ب- نمک‌های مضاعف

نمکی که در ساختار خود بیش از یک کاتیون داشته باشد را نمک مضاعف گویند، البته عکس این ساختار نیز امکان‌پذیر است یعنی در ساختار نمک، چند آنیون در کنار یک کاتیون حضور داشته باشند. به عنوان مثال، دولومیت (کربنات مضاعف منیزیم و کلسیم) با فرمول $Ca, MgCO_3$ و پتاسیم سدیم تارتارات با فرمول $KNaC_4H_4O_6 \cdot 4H_2O$ نوعی نمک مضاعف به‌شمار می‌آیند. برخلاف کمپلکس‌ها، این کاتیون‌ها و آنیون‌ها در زمان حل شدن در آب، همگی به‌صورت جداگانه آزاد می‌شوند. بعضی نمک‌ها در ساختار یک نمک مضاعف، نسبت به نمک‌های ساده اولیه خود پایدارتر می‌باشند. به این سبب، نمک‌های مضاعف کاربرد زیادی در آزمایشگاه‌ها دارند. نمک‌های مضاعف در اثر تبلور هم‌زمان دو نمک با هم به نسبت مولی ساده به وجود می‌آیند. شکل و سیستم بلوری نمک مضاعف با شکل بلوری دو نمک سازنده یکی است.

زاج‌ها از جمله انواع نمک‌های مضاعف مهم به‌شمار می‌آیند. زاج‌ها دارای فرمول عمومی $M^I M^{III}(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ هستند. فلز یک ظرفیتی می‌تواند پتاسیم، روبیدیم، سزیم و آمونیوم باشد و فلز سه ظرفیتی هم می‌تواند کبالت، آهن، کروم، آلومینیوم، تیتانیوم و اسکاندیم باشد.

پایداری زاج‌ها به اندازه یون‌های فلزی بستگی دارد. یون‌های یک ظرفیتی می‌توانند زاج‌های پایداری را تشکیل دهند، ولی هر قدر یون سه ظرفیتی بزرگ‌تر باشد، از پایداری زاج کاسته می‌شود. دو کمپلکس تشکیل‌دهنده زاج از طریق یون‌های سولفات به هم متصل می‌شوند. جدول زیر فرمول و موارد کاربرد تعدادی از زاج‌ها را بیان کرده است.

در جدول زیر نام، فرمول شیمیایی و موارد استفاده از چند نوع زاج متداول آمده است:

نام زاج	فرمول	موارد استفاده
زاج سدیم	$NaAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	پودرهای مورد استفاده در نانوایی
زاج پتاسیم	$KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	تصفیه آب، سنجش فاضلاب و خاموش کننده آتش
زاج آلومینیوم	$NH_4Al(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	تهیه خیارشور و ترشی
زاج کروم	$KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	چرم دباغی و پارچه‌های ضد آب
زاج آهن	$NH_4Fe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	تثبیت‌کننده‌های رنگ در رنگرزی و چاپ

تهیه نمک مضاعف سولفات آمونیوم مس (II)

وسایل و مواد مورد نیاز:

مس (II) سولفات ۵ آبه، سولفات آمونیوم، محلول آمونیاک، اتانول، آمونیاک ۶ نرمال، شیشه ساعت، لوله آزمایش، بشر ۵۰ میلی لیتری، قیف، پیپت، کاغذ صافی، کاغذ تورنسل

روش کار:

در یک بشر ۵۰ میلی لیتری، ۰/۲ گرم مس (II) سولفات ۵ آبه را در ۵ میلی لیتر آب مقطر داغ حل کرده و به آن ۰/۱ گرم سولفات آمونیوم اضافه کنید. آن را به مدت ۱۵-۱۰ دقیقه بر روی حرارت مستقیم هیتر (دمای ۱۵۰ درجه) تغلیظ کنید. سپس روی ظرف را با شیشه ساعت پوشانده و در جای مناسبی نگه دارید. بعد از ته نشینی بلورها، مایع بالایی را به آرامی سر ریز کرده و در نهایت بلورها را جدا کنید. این بلورها، همان نمک مضاعف سولفات آمونیوم مس (II) هستند.



مقایسه برخی از خواص نمک مضاعف و نمک کمپلکس

در یک لوله آزمایش، مقداری از نمک مضاعف تهیه شده در آزمایش قبل را در ۵ میلی لیتر آب مقطر حل نمایید. در یک لوله آزمایش دیگر، مقداری از کمپلکس تهیه شده در آزمایش قبل را در ۵ میلی لیتر آب مقطر حل نمایید. رنگ دو لوله آزمایش را مقایسه کنید. سپس هر دو لوله آزمایش را با ۲۰ میلی لیتر آب مقطر رقیق کرده و تغییرات را مشاهده نمایید. محلول حاوی نمک مضاعف، کاملاً شفاف و بی رنگ می-شود که نشان دهندهی آب پوشیده شدن سریع تمام اجزای نمک مضاعف می باشد؛ در حالی که محلول حاوی کمپلکس، ابتدا به صورت کلوئیدی در آمده و سپس رسوبات حاوی هیدروکسید مس آبی رنگ، در لوله ته نشین می شود. این آزمایش ساده نشان دهنده تفاوت ساختار کمپلکس با نمک مضاعف است علی رغم این که هر دو ساختار از اجزاء مشابهی تشکیل شده اند.

آزمایش ۸: تعیین سختی کل آب

سختی آب به مجموعه املاح کلسیم و منیزیم موجود در آب (بر حسب میلی گرم در لیتر کلسیم کربنات) اطلاق می گردد. وقتی که آب باران از روی سنگ های نرم عبور می کند، بعضی از مواد معدنی سنگ ها در آب حل شده و آن را سخت می کند. بدیهی است هر چه مقدار این مواد در آب بیشتر باشد آب سخت تر خواهد بود. سنگ های سخت مانند گرانیت به راحتی در آب حل نمی شوند و در نتیجه نواحی که در آنجا سنگ های سخت وجود دارند، دارای آب نرم خواهند بود.

مقدار سختی آب، علاوه بر این که در آب های صنعتی اهمیت فراوانی دارد، از منظر بهداشت عمومی نیز دارای اهمیت ویژه ای می باشد. کلسیم که یکی از عوامل سختی آب است، در رشد استخوان و حفظ تعادل بدن دخالت دارد ولی به همان اندازه، کلسیم سولفات به علت کمی قابلیت هضم، ناراحتی هایی را در دستگاه هاضمه بوجود می آورد. برخی از دانشمندان معتقدند بهتر است کلسیم و منیزیم مورد نیاز بدن توسط غذا تأمین شود و حتی الامکان از آب های سبک برای شرب استفاده شود. باید توجه داشت که بدن نسبت به سنگینی موجود در آب مورد مصرف خود حساسیت دارد، چنانچه این نوشیدنی تغییر یابد، ممکن است در دستگاه گوارش ایجاد اختلال نماید و این موضوع را به اصطلاح آب به آب شدن می گویند. عاملی که باعث تشکیل رسوب در لوله ها، دیگ های بخار، کتری، اتوی بخار و ... می شود همان سختی آب است.

اثرات مثبت آب سخت

معمولاً شکستگی استخوان کسانی که آب سخت می آشامند زودتر بهبود می یابد.

اثرات منفی آب سخت

- باعث رنگین شدن ظروف سفالی و دیرپز شدن سبزیجات و بی رنگ شدن آن ها می شود.
- باعث افزایش مصرف صابون و مواد شوینده می شود (یون های کلسیم و منیزیم موجود در آب با صابون و مواد شوینده ترکیب شده و آن را به صورت نامحلول درآورده و با رسوب دادن مواد صابونی، عملاً صابون را از نقش اصلی آن یعنی تمیز کردن باز می دارند).
- باعث ایجاد لکه بر روی محصولات نساجی و مواد غذایی می شود.
- به علت رسوب بر روی جداره داخلی دیگ های بخار، باعث ترکیدگی آن ها می شود.
- سبب رسوب املاح بر روی وسایل بهداشتی مانند دستشویی، وان حمام و ... می شود.

انواع سختی آب

الف - سختی موقت

سختی موقت (*Temporary Hardner*) را سختی کربناتی (*Carbonate Hardner*) نیز می نامند. این سختی، حاصل از کلسیم بی-کربنات است که عمدتاً به کمک حرارت و یا قلیایی شدن کاهش می یابد. در اثر گرم کردن یا قلیایی کردن این نوع آب، یون بی-کربنات به یون کربنات تبدیل می شود و به همراه یون کلسیم رسوب کرده و از آب خارج می شود.

ب - سختی دائم

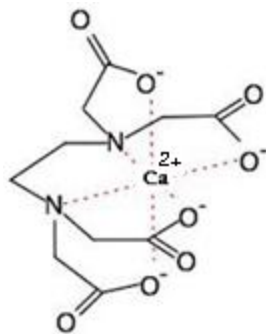
سختی دائم (*Permanent Hardner*) را سختی غیر کربناتی (*Noncarbonate Hardner*) نیز می نامند. به عبارت دیگر آب هایی که شامل دیگر آنیون ها مانند کلرید یا سولفات هستند و نمی توان آن ها را با فرآیند جوشیدن و یا تغییر pH اصلاح کرد، سختی دائم می گویند. مقدار سختی آب، بر حسب اکسی والان های کلسیم کربنات آن ها محاسبه و بیان می شود. یکی از متداول ترین روش های بیان سختی آب، استفاده از واحد قسمت در میلیون (ppm) است که برابر است با یک میلی گرم کلسیم کربنات در یک لیتر از آب.

$$ppm = \frac{\text{میلی گرم حل شونده}}{\text{حجم محلول}} \quad (۱)$$

برای تبدیل غلظت مولار به ppm کافی است غلظت مولار حل شونده را در رابطه (۲) وارد کنیم:

$$غلظت بر حسب ppm = ۱۰۰۰ \times غلظت مولار \times جرم مولی حل شونده \quad (۲)$$

غلظت یون Ca^{2+} محلول در آب را با محلول استاندارد $EDTA$ تیترو می کنند و سختی کل آب را محاسبه می نمایند.



EDTA یک لیگاند شش‌دندانه است که با یون Ca^{2+} یک کمپلکس پایدار با نسبت اکسی‌والانی یک به یک ایجاد می‌نماید (شکل روبرو).

همان‌طور که گفته شد نسبت اکسی‌والانی یون کلسیم با **EDTA** در کمپلکس مربوطه، یک به یک ($n_2=n_1$) است. بنابراین می‌توان با استفاده از غلظت **EDTA** و رابطه $M_1V_1=M_2V_2$ ، غلظت Ca^{2+} و در نتیجه، سختی آب را محاسبه نمود. رابطه (۳)، شکل تغییر یافته رابطه $M_1V_1=M_2V_2$ است.

$$(3) \quad TH = \frac{(V_2 - V_1) \times 0.01 \text{ mol/lit EDTA} \times 100 \text{ gr/1 mol CaCO}_3 \times 1000 \text{ ml}}{V_{\text{(Sample)}}}$$

سختی آب بر مبنای مقدار $CaCO_3$ بر حسب واحد *ppm*

پارامترهای این رابطه عبارت‌اند از:

TH: سختی کل

V_1 : حجم **EDTA** مصرف شده در تیتراسیون آب مقطر

V_2 : حجم **EDTA** مصرف شده در تیتراسیون آب شهری

$V_{\text{(Sample)}}$: حجم آب شهری مورد آنالیز

مواد و وسایل مورد نیاز:

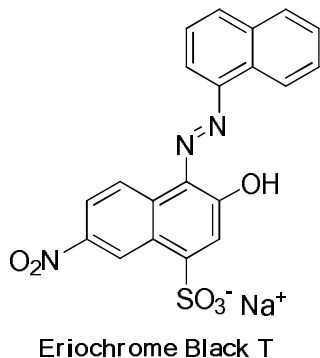
آمونیاک، آمونیم کلرید، شناساگر اریوکرم بلکتی، اتیلندی‌آمین‌تترااستیک‌اسید (**EDTA**)، استوانه مدرج ۱۰۰، بورت، ارلن ۲۵۰ میلی‌لیتری، بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتری

الف - تهیه محلول‌ها

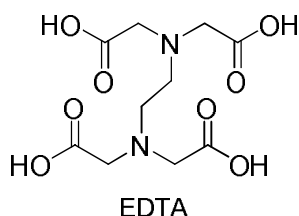
۱- تهیه محلول بافر $pH=10$: ۵۷ میلی‌لیتر از NH_3 غلیظ و ۷ گرم از NH_4Cl را در آب مقطر کافی حل کنید و در بالن ۱۰۰ میلی‌لیتری، به حجم ۱۰۰ برسانید.

۲- تهیه محلول شناساگر اریوکرم بلکتی ($C_{20}H_{12}N_3NaO_7S$): ۱۰۰ میلی‌گرم از جسم جامد را در یک محلول حاوی ۱۵ میلی‌لیتر اتانول آمین و ۵ میلی‌لیتر اتانول حل کنید. این محلول باید تازه تهیه شده باشد، می‌توان با قراردادن آن در یخچال، سرعت خراب‌شدن شناساگر را کندتر کرد.

نکته: در صورتی که مقدار بسیار کمی از اریوکرم بلکتی جامد استفاده شود، نیازی به تهیه محلول نیست.



۳- تهیه محلول استاندارد ۰/۰۱ مولار **EDTA**: ۳/۲۷ گرم از معرف **EDTA** را درون یک بالن حجم سنجی یک لیتری ریخته و ۶۰۰ تا ۸۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به بالن بیافزایید. پس از حل شدن کامل معرف، محلول را با آب مقطر به حجم برسانید.



ب- روش کار:

در مرحله اول، ۱۰۰ میلی‌لیتر از نمونه آب شهری (اگر سختی نمونه زیاد باشد ۵۰ میلی‌لیتر استفاده شود) را در ارلن مایر ریخته و از خنثی بودن آن ($pH=7$) اطمینان حاصل کنید (اگر محلول قلیائی بود با هیدروکلریک اسید یا سولفوریک اسید ۰/۰۲ مولار آن را خنثی نمایید). پس از اطمینان از خنثی بودن محلول، یک میلی‌لیتر بافر ۱۰ به آن اضافه کنید. سپس به اندازه سراسپاتول معرف اریوکرم بلکتی اضافه نمایید. اگر محلول آبی شد رنگ ابی نشان‌دهنده نداشتن سختی کل محلول ($TH=0$) است؛ ولی اگر محلول قرمز شد آن را با محلول ۰/۰۱

مولار **EDTA** تیتر کنید تا رنگ محلول از قرمز ارغوانی به آبی تغییر رنگ دهد. حجم **EDTA** را یادداشت نمایید. این حجم، همان پارامتر V_2 در رابطه (۱) می باشد.

در مرحله دوم، همان مسیر مرحله قبل را برای محلول شاهد (آب مقطر) تکرار کنید تا V_1 را به دست آید.

تمرین:

سختی کل برحسب واحد **ppm** (میلی گرم بر لیتر) کلسیم کربنات را محاسبه نمایید.

آزمایش ۹: کاتیون شناسی

ویژگی‌های فیزیکی و خواص شیمیایی یک یون، می‌تواند از طریق انجام یک سری آزمایش‌ها، سبب جداسازی و شناسایی آن یون شود. به عنوان مثال در صورت وجود یون Ag^+ در یک محلول، می‌توان از طریق واکنش رسوب دادن با کلرید، آن را به صورت رسوب $AgCl$ جدا کرد و بدین روش یون مذکور شناسایی می‌گردد. هرچند که ممکن است که دیگر کاتیون‌ها نیز به همراه آن رسوب می‌کنند اما می‌توان به کمک یک سری آزمایش‌های خاص، تک تک آن‌ها را جداسازی و شناسایی کرد.

برای تهیه‌ی محلول گروه‌های مختلف کاتیونی و یا آنیونی از نمک‌های نیترات، کلرات، سولفات، فسفات یا استات آنها بهره می‌گیریم. به طور مثال کاتیون Pb^{2+} را از نیترات سرب $Pb(NO_3)_2$ و یا استات سرب $Pb(CH_3COO)_2$ در حلال مناسب تهیه می‌کنیم. مخلوطی از کاتیون‌ها و یا آنیون‌ها را بعد از تهیه در گروه‌های مختلف طبقه‌بندی کرده و مورد تجزیه کیفی و شناسایی قرار می‌دهیم. لازم به ذکر است زمانی که در یک محلول با چند کاتیون مختلف سر و کار داریم سعی می‌شود که یک یا تعدادی از کاتیون‌ها را از بقیه جدا کرده و با روش‌های شیمیایی و با در نظر گرفتن مزاحمت‌های احتمالی، کاتیون جدا شده را شناسایی کرده و آنقدر این روش را تکرار می‌کنیم تا بتوان هر کاتیون را به‌طور جداگانه جداسازی و شناسایی نمود.

تجزیه کیفی کاتیون‌ها و آنیون‌ها و گروه‌بندی آن‌ها

در آزمایش کاتیون‌شناسی ۲۴ کاتیون مورد بررسی قرار می‌گیرند که این کاتیون‌ها بنا به تشکیل رسوب با برخی مواد دسته‌بندی می‌شوند. دسته‌بندی کاتیون‌ها و آنیون‌های مورد شناسایی کیفی، به صورت جدول زیر است:

شماره گروه	نماد یون
گروه اول	Ag^+, Pb^{2+}, Hg_2^{2+}
گروه دوم	$Hg^{2+}, Pb^{2+}, Bi^{3+}, Cu^{2+}, Cd^{2+}, As^{3+}, As^{5+}, Sb^{3+}, Sn^{4+}$
گروه سوم	$Mn^{2+}, Fe^{3+}, Al^{3+}, Cr^{3+}, Zn^{2+}, Ni^{2+}, Co^{3+}$
گروه چهارم	$Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}, Mg^{2+}$
گروه پنجم	Na^+, K^+, NH_4^+
آنیون‌ها	$CrO_4^{2-}, SO_4^{2-}, SO_3^{2-}, CO_3^{2-}, S^{2-}, Cl^-, Br^-, I^-, NO_3^-$

نکاتی پیرامون آماده‌سازی محلول‌های کاتیون‌ها و محلول‌های مورد نیاز

برای انجام جداسازی و شناسایی کاتیون‌ها، ابتدا باید معرف‌های شیمیایی با غلظت‌های مشخص تهیه شود. رعایت نکات زیر الزامی می‌باشد:

- ۱- رعایت نکته‌های ایمنی در برخورد با مواد شیمیایی در این قسمت حائز اهمیت است. کلیه مواد شیمیایی را باید سمی تلقی نمایید مگر اینکه عکس آن ثابت شود. از تماس مستقیم معرف‌های تهیه شده با پوست و یا از تنفس مستقیم بخارهای آنها جداً خودداری و معرف‌های تازه تهیه شده را به کار ببرید.
- ۲- برای آماده سازی معرف‌های مورد نیاز، از حلال‌هایی مانند آب، اتانول، استون و غیره استفاده می‌شود. حجم ظرف تهیه معرف‌ها، به مقدار مورد نیاز معرف بستگی دارد و برای این منظور، می‌توان از بالن‌های پیمانه‌ای ۱۰ میلی‌لیتری تا ۲ لیتری بهره گرفت.
- ۳- پس از تهیه معرف‌ها بایستی مقادیری از آن‌ها را درون ظروف قطره‌چکان شیشه‌ای ریخت و برچسب نام معرف، غلظت، فرمول شیمیایی و تاریخ تهیه آن‌را روی ظرف نصب نمود.
- ۴- پس از اتمام آزمایش، پساب‌های شیمیایی را نباید در دستشویی ریخت بلکه آن‌ها را بایستی در ظروف مخصوص ضایعات مواد شیمیایی ریخت.
- ۵- از آنجایی که تشخیص کیفی محصول‌های به‌دست آمده در این قسمت، به رنگ رسوب یا محلول مربوط می‌باشد، از لوله‌های تمیز، شفاف و بدون آلودگی استفاده نمایید.
- ۶- اگر حین انجام واکنش، گاز یا بخاراتی حاصل شود، در این صورت باید واکنش در زیر هود انجام شود.

مهارت‌های آزمایشگاهی

سانتریفوژ کردن: از این روش برای جداسازی رسوب‌های جامد از محلول استفاده می‌شود. در این روش مواد بر اساس خواص فیزیکی مانند جرم و دانسیته و ... از هم جدا می‌شوند. نکته مهم در استفاده از این دستگاه که بر اساس نیروی گریز از مرکز کار می‌کند این است که باید در داخل آن موازنه‌ی لوله‌های آزمایش را رعایت نمود.

شست و شوی رسوب: پس از تشکیل رسوب، بر روی آن از شوینده مورد نظر بریزید و آن را سانتریفوژ کنید. به این ترتیب، رسوب از شوینده جدا شده و می‌توان پساب رویی را سرریز نمود.

برخی از محلول‌ها و معرف‌های مورد نیاز در این بخش عبارت‌اند از:

NH_4OAc (۱ مولار)، K_2CrO_4 (۱ مولار)، $SnCl_2$ ، KNO_3 (۱ مولار)، NH_4Cl ، KOH ، $NaOH$ ، CH_3COOH ، H_2SO_4 ، HNO_3 ، HCl (۶ مولار)

جداسازی و شناسایی کاتیون‌های (Al^{3+}, Fe^{3+}) از مخلوط کاتیون‌های گروه سوم

مرحله اول: رسوب‌گیری

۱ میلی‌لیتر از نمونه محلول کاتیون‌های گروه سوم را در یک لوله آزمایش پیرکس ریخته و در حمام آب گرم ضمن هم‌زدن، حرارت دهید. در حالی که محلول گرم است، قطره قطره آمونیاک غلیظ (۴-۵ قطره) اضافه کنید تا قلیایی شود (قلیایی بودن نمونه را با کاغذ pH تست کنید). در صورت قلیایی نبودن، افزودن قطره‌های آمونیاک را تا قلیایی شدن محلول ادامه دهید. سپس چند دقیقه در حمام آب گرم حرارت داده و فوراً سانتریفوژ کنید. محلول روی رسوب را دور ریخته و به رسوب به‌دست آمده (که مخلوطی از $Fe(OH)_3$ و $Al(OH)_3$ است)، یک میلی‌لیتر نیترات پتاسیم ۱ مولار و چند قطره سود ۶ مولار اضافه نموده و ضمن هم‌زدن، بر روی شعله تا نقطه جوش حرارت دهید (حرارت دادن حتماً همراه با هم زدن آرام نمونه باشد). نمونه به جوش آمده را سانتریفوژ کرده و محلول بالای رسوب را دور بریزید. در نهایت، رسوب را که حاوی هیدروکسیدهای آهن و آلومینیوم شسته شده می‌باشد جهت جداسازی و شناسایی به کار ببندید.

مرحله دوم: جداسازی و شناسایی آهن (Fe^{3+})

به رسوب به‌دست آمده از مرحله اول، دو میلی‌لیتر سود ۶ مولار و ۲ میلی‌لیتر پراکسید هیدروژن (H_2O_2) ۳۰٪ اضافه کرده و در حمام آب گرم در حالی که به هم می‌زنید بجوشانید و پس از دقایقی سانتریفوژ کنید و محلول بالای رسوب را جدا کرده و در لوله آزمایش دیگری بریزید و روی آن، برچسب Al^{3+} بنویسید. این محلول حاوی یون AlO_2^- بوده و رسوب ایجاد شده نیز $Fe(OH)_3$ می‌باشد. به این رسوب، ۲ میلی‌لیتر سولفوریک اسید ۳ مولار بیافزایید و در حمام آب گرم قرار دهید تا رسوب حل شود. سپس به این محلول ۵ قطره پتاسیم تیوسیانات ۱ مولار افزوده و به هم بزنید. رنگ قرمز تیره، نشان‌گر وجود آهن (III) می‌باشد.

مرحله سوم: شناسایی آلومینیوم

به محلول حاوی Al^{3+} به‌دست آمده از مرحله قبل، ۲ میلی‌لیتر آمونیوم‌استات ۶ مولار افزوده و چند دقیقه در حمام آب گرم بجوشانید و سانتریفوژ کنید. محلول بالای رسوب را دور بریزید و به رسوب، ۱ میلی‌لیتر هیدروکلریک اسید ۶ مولار افزوده و در حمام آب گرم حرارت دهید تا رسوب حل شود. به محلول به‌دست آمده چند قطره محلول آلومینون و چند قطره آمونیوم هیدروکسید ۶ مولار بیافزایید. رسوب قرمز آجری رنگ ایجاد شده، نشان‌گر وجود یون آلومینیوم است.

آزمایش ۱۰: کاتیون‌شناسی

تفکیک و شناسایی مخلوط کاتیون‌های Hg^{2+} , Ag^+ , Pb^{2+} از مخلوط کاتیون‌های گروه اول

مرحله اول: ۲ میلی‌لیتر از محلول مربوط به مخلوط کاتیون‌های گروه اول را وارد یک لوله آزمایش کرده و با کاغذ تورنسل، اسیدی یا بازی بودن آن را بررسی کنید. اگر نمونه بازی بود آن را توسط اسید هیدروکلریک ۶ مولار اسیدی کنید و اگر اسیدی یا خنثی بود به آن ۴ تا ۵ قطره هیدروکلریک اسید ۶ مولار اضافه نمایید. در صورت تشکیل رسوب، ۱ قطره دیگر اسید اضافه کرده و سانتیفوژ کنید. رسوب را از محلول جدا کرده و در مرحله دوم به کار ببرید. محلول را وارد لوله آزمایش تمیزی کرده و با برچسب کاغذی روی آن شماره ۱ بنویسید.

مرحله دوم: رسوبی که از مرحله اول به دست آورده‌اید را با چند قطره (۳-۴ قطره) آب مقطر شسته و سانتیفوژ کنید و رسوب حاصل را به مرحله سوم ببرید و محلول آبکی روی رسوب را وارد لوله شماره ۱ کنید و به آن ۱ میلی لیتر آمونیوم استات ۶ مولار و سپس چند قطره پتاسیم کرومات اضافه کنید، رسوب زرد رنگ سرب کرومات تشکیل می‌شود که نشان‌دهنده وجود سرب در نمونه است.

مرحله سوم: رسوب به دست آمده از مرحله دوم (لوله شماره ۱) را با ۲۰ قطره آب مقطر که معادل حدود ۱ میلی‌لیتر است، آغشته کرده و تکان دهید، رسوب را از محلول جدا کرده و به مرحله چهارم ببرید. محلول را وارد یک لوله پیرکس خشک و تمیز کرده و با برچسب شماره ۲ مشخص نمایید. سپس آن را روی شعله حرارت دهید. به محلول داغ شده، پس از این که کمی سرد شد ۳ قطره استیک اسید ۶ مولار و ۳ قطره پتاسیم کرومات اضافه نمایید. رسوب زرد رنگ سرب کرومات، نشان‌دهنده وجود سرب در نمونه است.

مرحله چهارم: به رسوب به دست آمده از مرحله سوم، ۲ میلی لیتر آمونیوم هیدروکسید ۶ مولار اضافه کرده و به هم بزنید و سپس، سانتیفوژ کنید. محلول را از رسوب جدا کرده و وارد لوله آزمایش دیگری کنید و با برچسب شماره ۳ مشخص نمایید، رسوب حاصل که رنگ خاکستری تیره دارد نشان‌دهنده وجود جیوه در نمونه است.

مرحله پنجم: به محلول شماره ۳، ۳ قطره قطره نیتریک اسید ۶ مولار اضافه کنید تا زمانی که رسوب سفید رنگ حاصل شود، رسوب سفید نقره کلرید، نشان‌دهنده وجود یون نقره در نمونه می‌باشد.

آزمایش ۱۱: آنیون شناسی

آزمایش شناسایی یون کرومات (CrO_4^{2-})

در یک لوله آزمایش خشک و تمیز، حدود یک میلی‌لیتر از نمونه حاوی یون کرومات بریزید و در آن دو میلی‌لیتر آب مقطر اضافه کنید و با چند قطره نیتریک اسید ۳ نرمال محلول را اسیدی کنید و pH آن را بسنجید. سپس نیم میلی‌لیتر اتر به محلول اضافه کرده و به هم بزنید و چند قطره آب اکسیژنه ۳۰٪ به آن بیفزایید. رنگ آبی تیره ایجاد شده روی سطح محلول نشان‌گر وجود یون کرومات در نمونه است.

آزمایش شناسایی یون نیتريت (NO_2^-)

در یک لوله آزمایش خشک و تمیز، حدود ۱ میلی‌لیتر از نمونه حاوی یون نیتريت ریخته و به آن دو میلی‌لیتر سرب استات ۱ مولار اضافه کنید سپس سانتیفریژ کنید. اگر رسوبی به‌دست آمد آن را دور بریزید و به محلول بالای رسوب مقدار کمی تیو اوره بی آب اضافه کرده و به آرامی روی شعله حرارت دهید. پس از کمی سرد شدن به محلول چند قطره نیترات آهن (III) یک مولار اضافه کنید. رنگ قرمز خونی ایجاد شده نشان‌گر آنیون نیتريت است.

آزمایش شناسایی یون کلرید (Cl^-)

در یک لوله آزمایش خشک و تمیز، حدود یک میلی‌لیتر از نمونه حاوی یون کلرید بریزید و با چند قطره نیتریک اسید ۶ نرمال آن را اسیدی کنید. سپس چند قطره نقره نیترات ۰/۱ مولار به آن اضافه کنید تا رسوب سفید رنگ نقره‌کلرید تشکیل شود. تشکیل این رسوب نشان‌گر وجود یون کلرید در نمونه می باشد.

آزمایش شناسایی یون ید (I^-)

در یک لوله آزمایش خشک و تمیز، یک میلی‌لیتر از نمونه حاوی یون یدید بریزید و با چند قطره نیتریک اسید ۶ مولار آن را اسیدی کنید. سپس چند قطره نقره نیترات ۰/۱ مولار به آن اضافه کنید. تشکیل رسوب زرد رنگ نقره یدید، نشان‌گر وجود یون یدید در نمونه می باشد.

آزمایش شناسایی یون سولفات (SO_4^{2-})

در یک لوله آزمایش خشک و تمیز، یک میلی‌لیتر از نمونه حاوی یون سولفات ریخته و محلول را توسط چند قطره هیدروکلریک اسید ۶ مولار اسیدی کرده و بلافاصله به آن یک میلی‌لیتر باریم‌کلرید ۱ مولار اضافه کنید. تشکیل رسوب سفید سولفات باریم نشان‌گر وجود سولفات در نمونه است.

آزمایش شناسایی آنیون کربنات (CO_3^{2-})

در یک لوله آزمایش خشک و تمیز، یک میلی‌لیتر از نمونه حاوی یون کربنات ریخته و محلول را توسط چند قطره هیدروکلریک اسید ۶ مولار اسیدی کرده و بلافاصله به آن چند قطره باریم‌کلرید ۱ مولار اضافه کنید. تشکیل رسوب سفید باریم‌کربنات، نشان‌گر وجود کربنات در نمونه است. همچنین خروج گاز کربن دی‌اکسید پس از اضافه کردن اسید، نشان‌دهنده تجزیه کربنات توسط اسید است.

آزمایش شناسایی آنیون فسفات (PO_4^{3-})

در یک لوله آزمایش خشک و تمیز، یک میلی‌لیتر از نمونه حاوی یون فسفات ریخته و محلول را توسط چند قطره هیدروکلریک اسید ۶ مولار اسیدی کرده و بلافاصله به آن چند قطره باریم‌کلرید ۱ مولار اضافه کنید. تشکیل رسوب سفید باریم فسفات، نشان‌گر وجود یون کربنات در نمونه است.

آزمایش ۱۲: آشنایی با هدایت الکتریکی ترکیبات یونی و کووالانسی

هنگامی که یک فلز با یک نافلز وارد واکنش می‌شود انتقال الکترون‌ها از اتم‌های فلز به اتم‌های نافلز صورت می‌گیرد و یک ترکیب یونی تولید می‌شود. برای مثال، در واکنش بین فلز سدیم و نافلز کلر، یک الکترون از اتم سدیم به اتم کلر انتقال می‌یابد و در نتیجه ذرات بارداری که یون نامیده می‌شود حاصل می‌گردد. یون‌های مثبت را کاتیون و یون‌های منفی را آنیون می‌نامند.

رسانایی الکتریکی یک محلول، به مقدار یون‌های موجود در آن بستگی دارد؛ مثلاً آب کاملاً خالص، چون عاری از یون است جریان الکتریکی را از خود عبور نمی‌دهد و رسانایی بسیار ضعیفی دارد. محلول‌های آبی را می‌توان از نظر رسانایی الکتریکی به دو دسته الکترولیت و غیرالکترولیت طبقه‌بندی کرد.

یک محلول الکترولیت را می‌توان محلولی تعریف کرد که رسانایی آن از حلال مربوطه بیش‌تر باشد که به دو دسته الکترولیت قوی و ضعیف تقسیم‌بندی می‌شوند. موادی که پس از حل شدن کاملاً به‌صورت یون در می‌آیند را الکترولیت‌های قوی گویند زیرا هدایت جریان الکتریکی در داخل محلول بر عهده یون‌های باردار است، مانند نمک $NaCl$.

الکترولیت‌های ضعیف، ترکیبات کووالانسی قطبی هستند که در محلول آبی، به‌طور ناقص تفکیک می‌شوند. رسانایی یک محلول ۱ مولار از یک الکترولیت ضعیف، از رسانایی محلول ۱ مولار یک الکترولیت قوی کم‌تر است. دو نمونه از الکترولیت‌های ضعیف عبارتند از: NH_3 , CH_3COOH

برخی از مواد کووالانسی کاملاً به‌صورت مولکولی در آب حل می‌شوند و یونیزه نمی‌شوند. این مواد رسانایی حلال را زیاد نمی‌کنند بنابراین غیر الکترولیت نامیده می‌شوند، مانند شکر.

همان‌طور که قبلاً گفته شد قابلیت هدایت الکتریکی آب مقطر خیلی کم است ولی اگر در آن مقداری نمک طعام ($NaCl$) حل کنیم محلول حاصل، جریان برق را به‌خوبی هدایت می‌کند. وقتی نمک در آب حل می‌شود؛ پیوند بین یون‌های سدیم و کلر در بلور نمک می‌شکند و لذا سدیم به‌صورت Na^+ و کلر به‌صورت Cl^- در می‌آید. این ذرات آب‌پوشی شده دارای بار الکتریکی‌اند و به طرف قطب‌های مثبت و منفی حرکت کرده و هدایت جریان الکتریکی در محلول را بر عهده می‌گیرند.

هدایت الکتریکی محلول‌ها به تعداد و بار یون‌های موجود در آن‌ها و تحرک این یون‌ها بستگی دارد.

مواد و وسایل مورد نیاز:

شکر، نمک، مس (II) سولفات، بشر ۲۵۰ میلی‌لیتری، آمپرسنج، دستگاه مدار الکتریکی

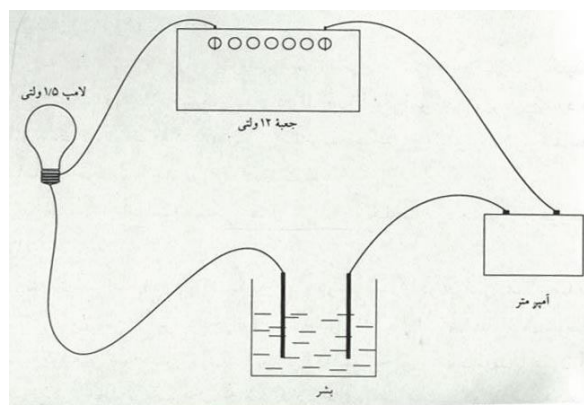
روش کار:

ابتدا دستگاه مدار الکتریکی را مطابق شکل و با راهنمایی مسئول آزمایشگاه سوار کنید و تست کنید که لامپ موجود در مدار، روشن باشد. سپس حدود ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر در بشر ریخته و دو سر سیم را وارد آن کنید و نتیجه را یادداشت کنید حال همین کار را با آب شهر تکرار نمایید.

آب بشر را خالی کرده و آن را کاملاً خشک کنید و در آن یک قاشق پودر نمک طعام بریزید و دو سر سیم را روی آن قرار داده و نتیجه را یادداشت کنید. در حدود ۵۰ میلی‌لیتر آب روی نمک ریخته و آن را به‌هم بزنید تا نمک کاملاً حل شود، سپس نتیجه را یادداشت کنید.

بشر را شسته و کاملاً خشک کرده و در آن ۱۰۰ میلی‌لیتر آب و دو قاشق شکر ریخته و مانند آزمایش قبل تکرار کنید.

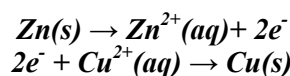
در این بخش از آزمایش وابستگی مقدار جریان به غلظت یک محلول، مورد بررسی قرار خواهد گرفت. ۱۰۰ میلی‌لیتر آب را در داخل بشر خشک و تمیز ریخته و دو سر سیم را در آن قرار دهید و شدت جریان را از روی آمپرسنج بخوانید، سپس توسط ترازو ۰/۲۵ گرم مس (II) سولفات را وزن کرده



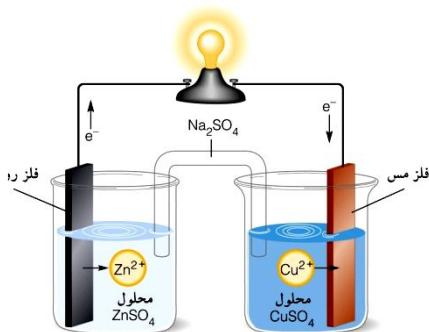
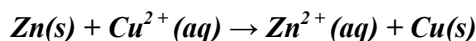
و در بشر محتوی آب ریخته و آن را خوب هم بزنید تا محلول یکنواختی حاصل گردد حال دو سر سیم را در آن قرار دهید و عقربه آمپرتر را بخوانید. در ادامه مقادیر ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ گرم از مس (*II*) سولفات را داخل بشر ریخته و در هر مرحله، مقدار جریان عبوری را اندازه‌گیری نمایید. همین کار را با ریختن نمک طعام در بشر تکرار کنید و اگر تفاوتی می‌بینید علت آن را ذکر نمایید.

آزمایش ۱۳: تشکیل پیل الکتروشیمیایی

پیلی که به عنوان منبع انرژی الکتریکی به کار می‌رود پیل ولتایی یا گالوانی نامیده می‌شود. این پیل، وظیفه تبدیل انرژی شیمیایی به الکتریکی را بر عهده دارد. یک پیل الکتروشیمیایی به طور کلی از دو نیم پیل تشکیل شده است. به عنوان مثال دو نیم واکنش زیر را در نظر بگیرید:



از جمع دو نیم واکنش فوق، واکنش زیر حاصل می‌شود که نشان‌دهنده واکنشی است که در یک پیل روی-مس رخ می‌دهد:

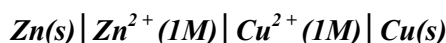


همان‌طور که در شکل روبرو دیده می‌شود، در یک سلول ولتایی ترتیبی اتخاذ می‌شود تا الکترون‌ها به جای آن‌که مانند واکنش فوق، مستقیماً بین فلز روی و یون مس (II) مبادله شوند از مدار الکتریکی خارجی بگذرند. سلولی که نمودار آن در شکل روبرو مشاهده می‌شود طوری ساخته شده است که از واکنش حاصل، به‌منظور تولید جریان الکتریکی استفاده می‌شود. نیم سلول سمت چپ شامل الکترودی از فلز روی در محلول ZnSO_4 و نیم پیل سمت راست شامل الکترودی از فلز مس در یک محلول CuSO_4 است. جهت جلوگیری از اختلاط مکانیکی محلول‌ها، این دو نیم پیل از هم جدا شده‌اند. برای تکمیل مدار پیل، از یک پل نمکی استفاده

شده است. پل نمکی، یک لوله U شکل است که حاوی یک الکترولیت قوی مانند سدیم سولفات می‌باشد. در نیم‌پیل کاتدی (الکترود مس)، کاتیون‌ها از پل نمکی به محلول الکترولیت و آنیون‌ها از محلول الکترولیت به پل نمکی وارد می‌شوند. همچنین، در بخش آندی کاتیون‌ها از محلول الکترولیت به پل نمکی و آنیون‌ها از پل نمکی به محلول الکترولیت وارد می‌شوند و بدین ترتیب، مدار الکتریکی پیل تکمیل می‌شود. در نیم‌پیل آندی، اتم‌های روی به‌طور مستمر به Zn^{2+} تبدیل شده و الکترون تولیدی، از طریق مدار خارجی به سمت نیم‌پیل کاتدی حرکت می‌کند. در این نیم‌پیل، یون‌های Cu^{2+} با دریافت دو الکترون به فلز مس کاهش می‌یابند. در اثر جریان تولید شده، لامپ روشن خواهد شد و یا در صورت استفاده از آمپرسنج، می‌توان مقدار جریان عبور کرده از سیم را که حاصل از اختلاف پتانسیل بین دو نیم پیل است محاسبه نمود. در نیم‌پیل آندی، تیغه روی خورده شده و غلظت کاتیون روی در سلول افزایش می‌یابد. در مقابل، وزن الکترود مس بر اثر رسوب نمودن مس بر روی آن، افزایش می‌یابد و همچنین غلظت کاتیون نقره در محلول کم می‌شود. با پیشرفت واکنش، شدت انحراف عقربه آمپرسنج کم می‌شود که حاکی از کاهش جریان الکتریسیته است.

نمایش یک پیل ساده الکتروشیمیایی

اگر در پیل دانیل، محلول‌های یک مولار از ZnSO_4 و یک مولار از CuSO_4 به‌کار رفته باشد، آن پیل را با نمادگذاری زیر نشان می‌دهیم:



در این نماد خطوط کوتاه عمودی، حدود فازها را نشان می‌دهند. بنابر قرار داد، ماده تشکیل‌دهنده آند را اول و ماده تشکیل‌دهنده کاتد را در آخر می‌نویسیم و مواد دیگر را به ترتیبی که از طرف آند با آن‌ها برخورد می‌کنیم، میان آن‌ها قرار می‌دهیم.

مواد و وسایل مورد نیاز:

روی نیترات، پتاسیم نیترات، مس (II) نیترات، بشر ۲۵۰ میلی‌لیتری، آمپرسنج، ولت‌سنج، الکترود تیغه فلزات

روش کار:

تشکیل پیل روی-مس یا پیل دانیل

ابتدا ۲۵۰ میلی لیتر محلول ۰/۱ مولار روی نیترات و ۲۵۰ میلی لیتر محلول ۰/۱ مولار مس (II) نیترات و ۲۵۰ میلی لیتر محلول اشباع پتاسیم نیترات تهیه کنید. سپس محلول پتاسیم نیترات را درون یک لوله U شکل که دو سر آن را با پشم شیشه پوشانده‌اید بریزید. دو بشر ۲۵۰ میلی لیتری برداشته و داخل هر یک، ۱۰۰ میلی لیتر محلول روی نیترات و مس (II) نیترات بریزید. داخل بشر حاوی روی نیترات، تیغه روی و داخل بشر حاوی مس (II) نیترات، تیغه مس را قرار می‌دهیم. پل نمکی را بین دو نیم‌پیل قرار داده و اکترودها را توسط سیم به یک آمپرسنج و یا ولت‌سنج متصل می‌کنیم. توجه داشته باشید که تیغه روی را به سر منفی و تیغه مس را به سر مثبت آمپرسنج (یا ولت‌سنج) وصل نمایید. جریان و میزان الکتریسیته تولید شده را یادداشت نمایید.

همین کار را می‌توان برای تیغه‌های فلزی دیگر مانند آهن، نقره، برنج، سرب و... انجام داد و بر اساس مقادیر E_0 آن‌ها که در جداول کتاب‌های مرجع موجود است؛ معین کرد که کدام یک کاتد و کدام آنُد.

آزمایش ۱۴: تعیین ثابت تعادل کمپلکس آهن(III) با استفاده از یون تیوسیانات

تعادل شیمیایی به حالتی گفته می‌شود که در آن فعالیت شیمیایی و در نتیجه غلظت واکنشگرها و محصولات در واکنش شیمیایی، با گذشت زمان تغییر نکند. معمولاً این تعادل در شرایطی حاصل می‌شود که سرعت واکنش رفت با برگشت برابر باشد. در یک واکنش تعادلی، از تقسیم ثابت سرعت واکنش رفت (K_f) بر ثابت واکنش برگشت (K_r)، ثابت دیگری به دست می‌آید که ثابت تعادل شیمیایی (K_c)، نامیده می‌شود. مقدار K_c در دمای مشخص ثابت است ولی اگر دما تغییر کند K_c هم تغییر می‌کند.

واحد (یکای) ثابت تعادل را می‌توان از رابطه زیر محاسبه نمود:

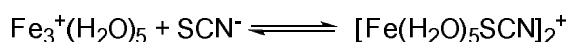
$$K_c \text{ واحد} = (\text{mol.L}^{-1})^{(n_2-n_1)}$$

n_1 : مجموع مول‌های گازی (g) و محلول (aq) در سمت واکنش‌دهنده‌ها

n_2 : مجموع مول‌های گازی (g) و محلول (aq) در سمت فرآورده‌ها

ثابت تعادل

ثابت تعادل (K_c) در یک دمای مشخص، از ویژگی‌های هر تعادل شیمیایی بوده و به صورت نسبت غلظت محصولات به توان ضریب استوکیومتری آن‌ها، تقسیم بر غلظت واکنش‌دهنده‌ها به توان ضریب استوکیومتری‌شان بیان می‌گردد. برای نمونه، واکنش یون آهن (III) با یون تیوسیانات یک واکنش تعادلی است که معادله واکنش به صورت زیر می‌باشد:



مطابق قانون تعادلات شیمیایی، ثابت تعادل K_c برای واکنش فوق به صورت زیر تعریف می‌شود:

عوامل مؤثر بر تعادل و ثابت آن

اصل لوشاتلیه بیان می‌کند هرگاه، عاملی باعث به هم خوردن یک تعادل شود، سامانه درجهتی جابه‌جا می‌شود که اثر آن عامل را کاهش دهد.

الف - اثر دما بر تعادل

بالا بردن دما، انرژی گرمایی مولکول‌ها در مخلوط تعادلی را افزایش داده و برخورد های مولکولی نیز بیش‌تر می‌شود. در نتیجه، سرعت واکنش رفت و برگشت افزایش می‌یابد اما میزان افزایش در آن‌ها یکسان نیست. آزمایش‌های گوناگون نشان می‌دهند که افزایش دما سرعت واکنش گرماگیر را بیش‌تر افزایش می‌دهد. به این ترتیب، در تعادل جدید غلظت‌های مواد موجود در تعادل تغییر می‌کنند یعنی، تعادل جابه‌جا شده و در نتیجه مقدار K_c نیز تغییر می‌کند.

ب) اثر غلظت و فشار بر تعادل

هرگاه غلظت یکی از واکنش‌دهنده‌ها را افزایش دهیم، تعداد برخورد میان ذره‌های واکنش‌دهنده‌ها، افزایش یافته و واکنش رفت سرعت بیش‌تری به خود می‌گیرد. به این ترتیب، پس از مدتی بر غلظت فرآورده نیز افزوده شده و سرعت واکنش برگشت نیز افزایش می‌یابد؛ تا زمانی که دو سرعت برابر شوند. اما این سرعت‌ها و همچنین غلظت‌های مواد موجود در تعادل جدید، با سرعت‌ها و غلظت‌های تعادل قبلی متفاوت خواهد بود تعادل جابه‌جا شده است اما این تغییر طوری صورت می‌گیرد که مقدار K_c ثابت باقی می‌ماند. تغییر فشار، اثری شبیه به اثر تغییر غلظت دارد. لازم به یادآوری است که تغییر فشار بر آن دسته از سیستم‌های تعادلی اثر دارد که تعداد مول‌های گاز، در دو طرف معادله شیمیایی موازنه شده یکسان نباشد.

پ) اثر کاتالیزگر

کاتالیزگر، سرعت واکنش رفت و برگشت را به یک اندازه افزایش می‌دهد. بنابراین، K_c و غلظت‌ها تغییری نمی‌یابند؛ یعنی کاتالیزگر بر تعادل و ثابت آن تاثیر نمی‌گذارد.

هدف از انجام این آزمایش، محاسبه ثابت تعادل واکنش یون آهن (III) با یون تیوسیانات به کمک روش اسپکتروفتومتری می‌باشد.

مواد و وسایل مورد نیاز:

آهن (III) نیترات، پتاسیم تیوسیانات، نیتریک اسید، لوله آزمایش، اسپکتروفتومتر، بالن ژوژه ۲۵ میلی‌لیتری

روش کار:

ابتدا در دو بالن ژوژه ۲۵ میلی‌لیتری، محلول‌های آهن (III) نیترات با غلظت 2×10^{-3} مولار و پتاسیم تیوسیانات با غلظت 2×10^{-3} مولار را تهیه نمایید. جهت تهیه این محلول‌ها، به جای استفاده از آب مقطر از نیتریک اسید ۱ مولار استفاده نمایید. سپس ۵ لوله آزمایش برداشته و آن‌ها را به ترتیب از ۱ تا ۵ برچسب زده و مقادیر جدول شماره یک را در آن‌ها بریزید.

جدول شماره ۱

ردیف	محلول $Fe(NO_3)_3$ 2×10^{-3} مولار	محلول $KSCN$ 2×10^{-3} مولار	محلول HNO_3 ۱ مولار
۱	۵ mL	۱ mL	۴ mL
۲	۵ mL	۲ mL	۳ mL
۳	۵ mL	۳ mL	۲ mL
۴	۵ mL	۴ mL	۱ mL
۵	۵ mL	۵ mL	۰ mL

حال مقدار کمی از محلول قرمز رنگ تشکیل شده در هر لوله آزمایش را درون کووت دستگاه اسپکتروفتومتری ریخته و جذب آن را در ۴۴۷ نانومتر بخوانید و با استفاده از فرمول‌های زیر، غلظت‌های تعادلی مواد اولیه و محصولات را محاسبه کرده و با استفاده از آن‌ها، مقادیر ثابت تعادل را برای ۵ لوله آزمایش به دست آورده و در جدول شماره ۲ بنویسید (منظور از حرف e غلظت تعادلی است).

$$Eq. (1) \quad [Fe(SCN)^{2+}]e = A / \epsilon b$$

$$Eq. (2) \quad [Fe^{3+}]e = [Fe^{3+}]o - [Fe(SCN)^{2+}]e$$

$$Eq. (3) \quad [SCN^-]e = [SCN^-]o - [Fe(SCN)^{2+}]e$$

در رابطه (۱)، ϵ برابر ۳۴۲۰ و b که طول کووت می‌باشد برابر با ۱ سانتی متر است.

جدول شماره ۲

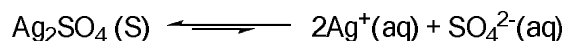
ردیف	غلظت $[Fe(SCN)^{2+}]e$	غلظت $[Fe^{3+}]e$	غلظت $[SCN^-]e$	K_c
۱				
۲				
۳				
۴				
۵				

تمرین:

واحد K_c را برای این واکنش به دست آورید.

آزمایش ۱۵: حلالیت مولی، اثر یون مشترک

نمک‌هایی که حلالیت اندکی دارند، نمک‌های کم محلول (یا نامحلول) نامیده می‌شوند. در محلولی اشباع از یک نمک کم‌محلول، بین نمک و یون‌های آن تعادل دینامیکی ایجاد می‌شود و چون نمک کم‌محلول تنها به میزان جزئی قابل حل است غلظت یون‌ها در چنین محلولی کم است. برای مثال، در محلول اشباع نقره سولفات (Ag_2SO_4)، تعادل دینامیکی بین جامد و یون‌های Ag^+ و SO_4^{2-} در محلول، به دلیل حلالیت کم نقره سولفات بیش‌تر به سمت چپ متمایل است.



ثابت تعادل این واکنش که به آن حاصلضرب انحلال‌پذیری (K_{sp}) می‌گویند برابر حاصلضرب غلظت مولی یون‌هایی است که هرکدام بر حسب ضریب استوکیومتری خود، در فرمول لحاظ می‌شوند. برای تعادل فوق، رابطه حاصلضرب انحلال‌پذیری (K_{sp}) به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$K_{sp} = [Ag^+]^2 [SO_4^{2-}]$$

به دلیل آن‌که Ag_2SO_4 جامد است غلظت آن ثابت بوده و بنابراین در عبارت ثابت تعادل وارد نمی‌شود.

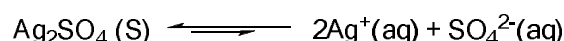
مقدار تجربی حلالیت مولی Ag_2SO_4 ، $10^{-2} \times 1/6$ مولار است. به این مفهوم که در یک لیتر محلول اشباع Ag_2SO_4 ، غلظت نمک محلول نقره سولفات برابر با $10^{-2} \times 1/6$ است. در نتیجه، غلظت یون سولفات برابر با $10^{-2} \times 1/6$ مول بر لیتر و غلظت یون نقره، دوبرابر یون سولفات یعنی $10^{-2} \times 3/2 = 1/6 \times 10^{-2}$ مول در لیتر است. این غلظت‌ها را در رابطه K_{sp} قرار می‌دهیم مقدار آن به دست می‌آید:

$$K_{sp} = [3/2 \times 10^{-2}]^2 [1/6 \times 10^{-2}] = 1/63 \times 10^{-5}$$

اثر یون مشترک

وقتی یون مشترکی به محلول سیر شده یک نمک اضافه می‌شود، حلالیت مولی چه تغییری می‌کند؟ بر اساس اصل لوشاتلیه تعادل برای نمک به گونه‌ای تغییر می‌کند تا اثر یون افزوده شده را جبران کند. یعنی تعادل به سمت چپ متمایل شده و در جهت تشکیل هر چه بیش‌تر نمک جامد و در نتیجه کاهش حلالیت مولی نمک پیش می‌رود. این اثر، را اثر یون مشترک گویند.

مثال: فرض کنید ۰/۱ مول SO_4^{2-} به یک لیتر محلول اشباع Ag_2SO_4 افزوده شود. حلالیت مولی Ag_2SO_4 چه تغییری خواهد کرد؟ SO_4^{2-} اضافه شده، در واکنش زیر تعادل را به سمت چپ سوق می‌دهد. بنابراین غلظت Ag^+ را کاهش می‌دهد.



با کاهش غلظت Ag^+ حلالیت مولی Ag_2SO_4 نیز کم می‌شود. با توجه به این‌که حلالیت مولی Ag_2SO_4 نصف غلظت مولی Ag^+ در محلول است و با استفاده از رابطه، مقدار حلالیت مولی نمک به دست می‌آید.

$$Ag_2SO_4 \text{ حلالیت مولی} = 1/2 [Ag^+] = 1/2 \times \sqrt{\frac{K_{sp}}{[SO_4^{2-}]}} = 6/3 \times 10^{-3} \text{ mol/lit}$$

همان‌طور که دیده می‌شود یون سولفات افزوده شده به تعادل، حلالیت مولی Ag_2SO_4 را از $10^{-2} \times 1/6$ مولار به $6/3 \times 10^{-3}$ مولار کاهش داد.

مواد و وسایل مورد نیاز:

کلسیم هیدروکسید، کلسیم کلرید، هیدروکلریک اسید، معرف متیل اورانژ، ارلن ۱۰۰ میلی‌لیتری، اسپکتروفتومتر، بالن ژوژه ۲۵ میلی‌لیتری

روش کار:

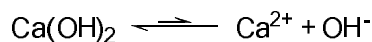
تعیین ثابت حاصلضرب انحلال‌پذیری (K_{sp}) و حلالیت مولی نمک کلسیم هیدروکسید

یک هفته قبل از آزمایش، با افزودن حدود ۳ گرم کلسیم هیدروکسید $[Ca(OH)_2]$ به ۱۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر، محلول $Ca(OH)_2$ اشباع تهیه نموده و در آن‌را به دقت ببندید. سپس بورت را با هیدروکلریک اسید ۰/۰۵ مولار پر کنید. ۲۵ میلی‌لیتر محلول کلسیم هیدروکسید

اشباع به داخل ارلن ریخته و دو قطره معرف متیل اورانژ به آن بیفزایید. اکنون، تیتراکردن محلول را شروع کنید. نقطه پایان تیتراسیون، تغییر رنگ محلول از زرد به قرمز می‌باشد. حجم هیدروکلریک اسید مصرف شده را یادداشت نمایید. تیتراسیون را سه بار تکرار نمایید تا خطای آن به حداقل ممکن برسد.

تمرین:

۱- با استفاده از روابط زیر، K_{sp} را برای ترکیب $Ca(OH)_2$ محاسبه نمایید.



$$K_{sp} = [Ca^{2+}][OH^-]^2$$

۲- با استفاده از رابطه زیر، حلالیت مولی این ترکیب را به دست آورید:

$$Ca(OH)_2 \text{ حلالیت مولی} = [Ca^{2+}] = 1/2 [OH^-]$$

تعیین حلالیت مولی کلسیم هیدروکسید در حضور یک یون مشترک

یک هفته قبل از آزمایش، با افزودن حدود ۳ گرم $Ca(OH)_2$ و ۱ گرم $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ به ۱۲۰ میلی لیتر آب مقطر، محلول $Ca(OH)_2$ اشباع در حضور یون مشترک Cl^- را تهیه نموده و در آن را به دقت ببندید. در روز آزمایش مانند قسمت اول، ۲۵ میلی لیتر از محلول اشباع را با هیدروکلریک اسید ۰/۰۵ مولار مولار تیترا نمایید.

تمرین:

با استفاده از حجم اسید مصرفی، حلالیت مولی نمک کلسیم هیدروکسید را محاسبه نمایید و با مقدار به دست آمده از قسمت قبل مقایسه نمایید.

منابع:

- ۱- ارجمندی جلال. آزمایش های شیمی عمومی ۱ و ۲. انتشارات دانشگاه بوعلی سینا همدان.
- ۲- باقرزاده محمود، قیافه داوودی باقر. آزمایشگاه شیمی عمومی یک. ۱۳۸۱، انتشارات دانشگاه پیام نور تهران.
- 3- J E Brown. 1994. Laboratory manual for principles of general chemistry, John Wiley & Sons.
- 4- J M Postma, J L Roberts, J Leland. 2000. Chemistry in the laboratory. Prentice Hall. 5th Ed.
- 5- K J Irgolic, L Peak. 1977. Fundamental of Chemistry in the laboratory. Harper & Row, 5th Ed.