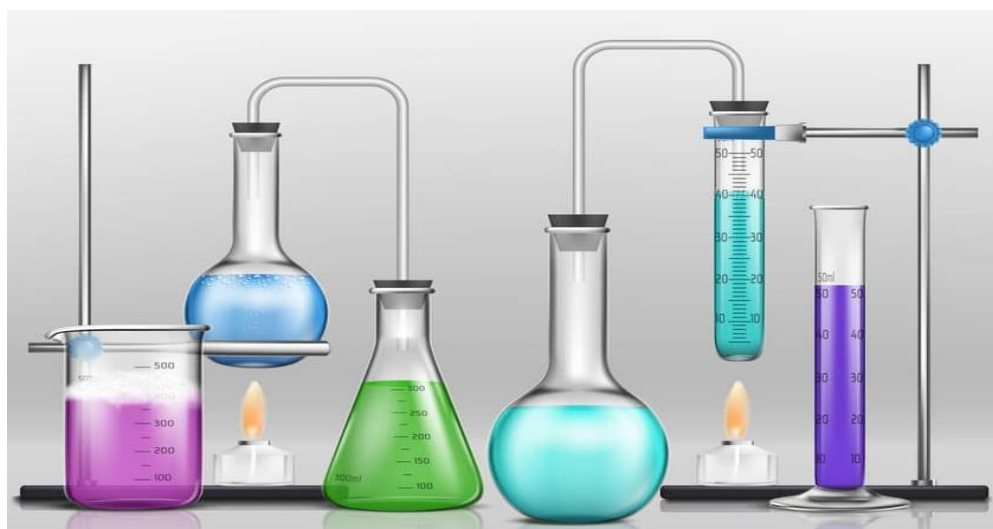




وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه هرمزگان

دستور کار آزمایشگاه شیمی عمومی ۱



تهیه و تنظیم:

دکتر فائزه ثمری

کیمیا زاگری-فاطمه ضعیفی

طیبه کمالی-مائده عامری

فهرست

صفحه	عنوان
۳	نکات ایمنی در آزمایشگاه.....
۵	قوانین آزمایشگاه.....
۶	آشنایی با ظروف آزمایشگاهی متداول.....
۱۲	تعیین دمای انحلال نمک‌ها در آب.....
۱۷	تیتراسیون اسید-باز.....
۲۳	تیتراسیون واکنش‌های اکسایش-کاهش.....
۲۷	تعیین و محاسبه سختی آب.....
۳۱	جداسازی چند یون با استفاده از کروماتوگرافی کاغذی.....

ایمنی در آزمایشگاه:

با توجه به اینکه در تمام مدت آزمایش سلامتی شما بستگی به طرز کار و رعایت کردن نکات آزمایشگاهی شما دارد بنابراین رعایت کردن قوانین آزمایشگاه که در زیر به آن اشاره شده است از حوادث و خطرات احتمالی جلوگیری می‌نماید.

- ۱- کلیه حوادثی را که اتفاق می‌افتد (حتی اگر جزئی باشد) فوراً به مسئول آزمایشگاه گزارش دهید.
- ۲- در موقع جوشاندن لوله آزمایش، آن را به طرف خود و یا هم‌گروه خود نگیرید زیرا ممکن است در حین گرم کردن، مایع داخل لوله به شدت به خارج پاشیده شود.
- ۳- در موقع رقیق کردن سولفوریک اسید غلیظ، به آهستگی و با به هم‌زدن اسید را وارد آب نمائید و از ریختن آب بر روی اسید خودداری کنید زیرا گرمای تولیدشده در این حالت زیاد بوده که باعث تبخیر ناگهانی آب گشته و موجب پاشیدن اسید به خارج می‌گردد.
- ۴- در صورتی که لباستان به اسید آغشته شد با آمونیاک رقیق آن را خنثی نمائید و اگر به باز آغشته شد با اسیداستیک رقیق آن را خنثی کنید. در صورتی که اسید یا باز روی میز و یا زمین ریخت با مقدار زیادی آب آن را بشوئید. برای از بین بردن مواد خورنده به سرعت از مقدار زیادی آب استفاده کنید و از مسئول آزمایشگاه کمک بخواهید.
- ۵- هیچ‌گاه مواد و یا محلول‌های آزمایشگاهی را نچشید زیرا احتمال دارد سمی بودن مواد یا محلول‌ها بر روی شیشه‌ی آن قید نشده باشد. در صورت خوردن مواد شیمیایی فوراً به مسئول آزمایشگاه مراجعه نمائید.
- ۶- آزمایش‌هایی که تولید مواد و یا بخارات و گازهای سمی می‌نماید حتماً باید در زیر هود انجام گیرد این عمل باعث جلوگیری از پخش گاز یا سموم در آزمایشگاه می‌گردد.
- ۷- هرگاه می‌خواهید لوله‌ی شیشه‌ای یا دماسنج را وارد چوپ‌پنبه‌ای بکنید، اول لوله و جداره‌های سوراخ شده چوپ‌پنبه را گلیسرول بزنید و به دور لوله، حوله‌ای بیچید و در دست راست بگیرید و چوپ‌پنبه را با

حوله‌ی دیگر در دست چپ بگیرید. اکنون لوله را با چرخاندن (نه با فشار دادن) وارد چوپ پنبه کنید.

۸- در صورت شکستن دماسنج جیوه‌ای در آزمایشگاه، برای خنثی‌سازی جیوه باید پودر گوگرد روی آن پاشید. چون گوگرد میل ترکیبی خوبی با جیوه دارد و طی واکنش نمک پایدار سولفید جیوه حاصل می‌شود.

۹- در تمام مدت آزمایشگاه از روپوش، دستکش، عینک آزمایشگاهی و ماسک فیلتردار استفاده نمایید تا از خطرات احتمالی جلوگیری گردد.

۱۰- به علائم ایمنی روی ظروف مواد آزمایشگاهی دقت نمایید.

علائم ایمنی هشداردهنده‌ی رایج:



اکسیدکننده (O)



آتشگیر (F)



به شدت آتشگیر (F+)



سمی (T)



خیلی سمی (T+)



مضر (Xi)



سوزش آور (C)



خورنده (H)



منفجره (E)



خطرناک برای محیط زیست (N)

قوانین آزمایشگاه:

- ۱- پس از پایان کار تمامی وسایل و ظروف مورد استفاده را تمیز و خشک کرده و در جای خودش قرار دهید. میز کار آزمایشگاه را هم کاملاً تمیز نمایید.
- ۲- تمامی وسایل دورریختنی و کاغذهای باطله را در سطل زباله و مواد دورریختنی را در ظرف ضایعات بریزید. هیچ گاه کبریت، کاغذصافی و... را در سینک ظرف شویی نریزید. در صورت ریختن محلول‌ها در سینک ظرف شویی بلافاصله با آب بشوید زیرا اسیدها و نمک‌های نقره، مس و جیوه خاصیت خوردگی داشته و باعث از بین بردن لوله‌ها مخصوصاً لوله‌های سربی می‌گردد.
- ۳- شیشه‌های محلول‌های عمومی که محل معینی دارند را همیشه در جای خود آن بگذارید و از انتقال آن‌ها خودداری نمایید.
- ۴- قبل از برداشتن مواد از شیشه، برچسب آن را با دقت بخوانید.
- ۵- از مواد و معرف‌ها به اندازه‌ی احتیاج بردارید.
- ۶- هیچ گاه مواد شیمیایی استفاده شده و اضافی را به شیشه‌ی اصلی برنگردانید.
- ۷- پی‌پت و یا قطره‌چکان خود را به داخل شیشه‌های محلول فرو نبرید.
- ۸- هیچ گاه در شیشه‌های محلول را روی میز نگذارید و وقتی محلول یا ماده‌ی شیمیایی بیرون ریخت فوری آن را تمیز نمایید.
- ۹- موقع حمل محلول‌های شیمیایی مواظب خود و اطرافیان خود باشید.
- ۱۰- همیشه در آزمایشگاه با روپوش و دستکش حضور داشته باشید.

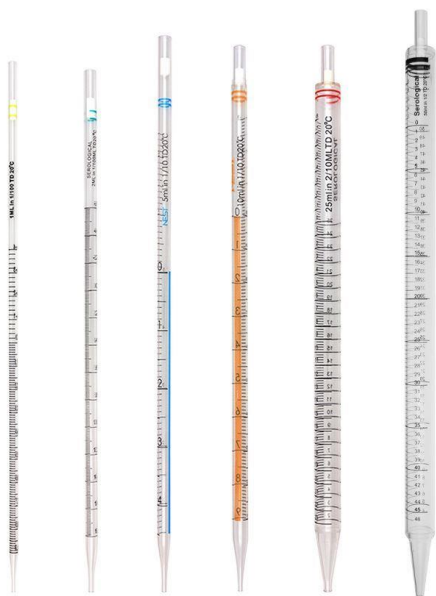
آشنایی با ظروف و لوازم متداول آزمایشگاهی



بشر: بشر دارای دو نوع شیشه‌ای و پلاستیکی است که نوع شیشه‌ای آن متداول‌تر است. از آن برای برداشتن حجم معینی از مایعات و گرم کردن محلول‌ها، تهیه محلول‌ها، حل کردن مواد و انتقال محلول‌ها استفاده می‌گردد. بشر با اندازه‌های حجمی متفاوت (۵ میلی‌لیتر تا ۲ هزار میلی‌لیتر) موجود است که با توجه به کاربرد مورد نظر حجم دلخواه به کار برده می‌شود.



ارلن‌مایر: ظرفی مخروطی شکل است که برای گرم کردن محلول‌ها و مایعات، و یا نگهداری از آنها و همچنین برای هم‌زدن مخلوط‌ها کاربرد دارد که در اندازه‌های مختلفی دارد.



پی‌پت: برای برداشتن حجم معینی از مایعات به کار می‌رود، صفر آن در بالاست و دارای دو نوع حباب‌دار و ساده است که پیپت ساده به علت درجه‌بندی دقیق آن بیشتر رایج است. برای پر کردن آن بهتر است از پوآر استفاده کرد.

بورت: وسیله‌ای است که برای اندازه‌گیری و برداشتن حجم معینی از مایعات به کار می‌رود. از متداول‌ترین انواع آن بورت شیردار است. براساس میلی‌لیتر درجه‌بندی می‌شود و صفر آن بالا، ۱۰۰ آن در پایین قرار دارد.



پوآر: از پوآر برای مکش استفاده می‌شود؛ اما در صورتی که مواد سمی باشند قبل از استفاده از پوآر باید از سالم بودن آن اطمینان حاصل کنیم و آن را با آب امتحان کنیم
طرز استفاده: دکمه‌ی A برای خالی کردن هوای داخل پوآر است. دکمه‌ی S برای مکش مواد سمی است. دکمه‌ی E برای خالی کردن مواد مکش شده است.



استوانه‌ی مدرج: استوانه‌ای پایه‌دار و مدرج است و برخلاف بورت و پیت درجه‌بندی آن از پایین آغاز می‌شود. از آن برای اندازه‌گیری حجم معینی از محلول‌ها استفاده می‌شود. برای تعیین حجم اجسام جامد بی‌شکل نیز کاربرد دارد.





قیف: وسیله‌ای شیشه‌ای، پلاستیکی و ... است که برای انتقال مایعات از ظرفی به ظرف دیگر، همچنین صاف کردن به کار می‌رود.



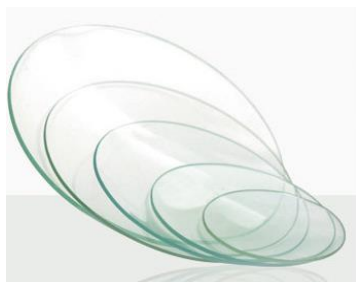
همزن شیشه‌ای: میله‌ی شیشه‌ای توپر است که برای مخلوط کردن محلول‌ها و یکنواخت کردن گرمای یک محلول به کار می‌رود.



آبفشان (پیست): ظرف مناسب برای آب مقطر یا استون و... است که برای شست‌وشوی رسوب یا اضافه کردن آب مقطر و یا کردادن ظروف با استون به کار می‌رود. نحوه‌ی استفاده از آن به صورت فشاری است یعنی بعد از پر کردن آن، با فشار دادن بطری، از لوله‌ی متصل به آن مایع با فشار خارج می‌شود.



قاشقک (اسپاتول، کاردک): وسیله‌ای است چینی یا فلزی، مانند قاشق (با دوسر) که برای برداشتن مواد جامد از ظرفی و یا انتقال آن به ظرف دیگر کاربرد دارد.



شیشه ساعت: برای تبخیر سریع مایعات و محلول‌ها و نیز توزین مقدار کم مواد استفاده می‌شود.



قیف جداکننده (دکانتور): از آن برای جدا کردن مایعات مخلوط‌نشده‌ی مانند آب و نفت استفاده می‌شود که دارای دو فاز آبی و آلی هستند.



قطره چکان: از این وسیله در مواردی از قبیل: برداشتن مقدار دقیق و کمی از مایعات یا محلول‌ها مثل شناساگرها؛ برداشتن محلول‌هایی که بخار سمی تولید می‌کنند و محلول‌هایی که هنگام ریختن ممکن است بر دست و لباس بریزد، استفاده می‌شود.



بالن ته‌گرد: از این وسیله برای جوشاندن و تقطیر مایعات، تهیه و تعیین چگالی گازها و ... استفاده می‌گردد و در اندازه‌های مختلف موجود است.



بالن حجمی (ژوژه): از این بالن برای رقیق کردن محلول‌ها یا تهیه‌ی محلول‌های استاندارد استفاده می‌شود. بر روی گردن باریک آن یک خط نشانه‌ی حلقوی وجود دارد که گنجایش حجمی را مشخص می‌کنند. اندازه‌ی آن با توجه به حجم آن، مشخص می‌گردد.



مبرد (کندانسور): برای سرد کردن بخار حاصل از تبخیر مایعات استفاده می‌شود که بر روی دستگاه تقطیر بسته می‌شود. که دو لوله آن به خروجی و ورودی آب متصل می‌شود.



لوله‌ی آزمایش: لوله‌ای است که برای نگهداری و گرم کردن محلول‌ها و مایعات استفاده می‌شود، که در این است که در برابر گرمای مستقیم آتش نشکند، باید توجه داشت که در هنگام گرم کردن آن، لوله نهایتاً تا یک سوم ظرفیتش پر باشد.

گیره و پایه: از گیره برای نگه داشتن بورت، لوله‌ی آزمایش، دماسنج و... و همچنین جهت متصل کردن

آنها به پایه استفاده می شود. در این آزمایشگاه جهت انجام آزمایش های تیتراسیون بسیار کاربرد دارد.



تعیین دمای انحلال نمک‌ها در آب

هدف: آشنایی با فرایند انحلال و گرمای انحلال

گرمای انحلال گرمایی است که به هنگام حل شدن مواد در حلال با محیط اطراف مبادله می‌شود. با اندازه‌گیری تغییر دمای محلول پس از انحلال ماده می‌توان گرمای انحلال را محاسبه نمود. به طور کلی مخلوط‌های همگن محلول نامیده می‌شوند. هر محلول دست کم از دو بخش حلال و حل‌شونده تشکیل شده است. جزئی که حل‌شونده را در خود حل می‌کند و معمولاً درصد بیشتری از محلول را تشکیل می‌دهد، حلال نام دارد. در محلول آب نمک، آب، حلال و نمک خوراکی حل‌شونده است. اغلب محلول‌های موجود در طبیعت شامل یک حلال و چند ماده‌ی حل‌شونده هستند. آب دریا نمونه‌ای از این محلول‌ها است. حلال و حل‌شونده هر یک ممکن است گاز، مایع یا جامد باشد.

آنتالپی انحلال:

مقدار گرمای مبادله شده مربوط به انحلال یک مول ماده در مقدار زیادی حلال را آنتالپی انحلال می‌گویند.

انحلال ترکیبات کوالانسی در آب:

انحلال ترکیبات کوالانسی در آب شامل سه مرحله می‌باشد:

۱. جدا شدن مولکول‌های حل‌شونده از یکدیگر که فرایندی گرماگیر می‌باشد.
۲. جدا شدن مولکول‌های آب از یکدیگر که فرایندی گرماگیر می‌باشد.
۳. پراکنده شدن مولکول‌های حل‌شونده بین مولکول‌های حلال که فرایندی گرمازا می‌باشد.

تعریف قابلیت حل شدن: بنا به قرارداد، مقدار ماده با واحد وزنی گرم که برای سیر کردن ۱۰۰ گرم حلال در دمای معین لازم می‌باشد، قابلیت حل شدن آن ماده نامیده می‌شود.

مواد نامحلول، محلول و کم محلول:

مواد نامحلول: موادی که انحلال پذیری آنها، کم تر از ۰/۰۱ گرم در ۱۰۰ گرم حلال است.

مواد محلول: موادی که انحلال پذیری آنها، بیش تر از ۱ گرم در ۱۰۰ گرم حلال است.

مواد کم محلول: موادی که انحلال پذیری آنها کم تر از ۱ گرم و بیش تر از ۰/۰۱ گرم در ۱۰۰ گرم حلال است.

آنتروپی و انحلال

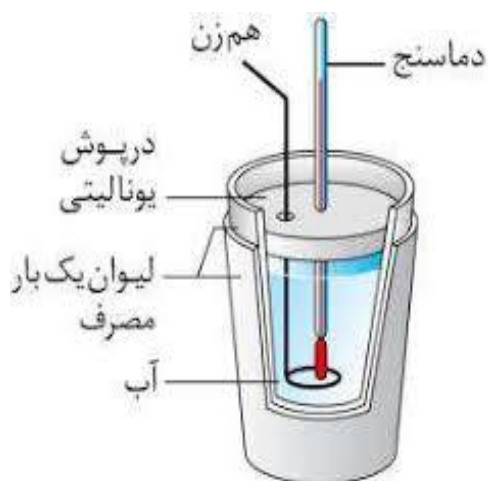
به طور کلی، حل شدن جامد و مایع در حلال مایع، با افزایش آنتروپی همراه است و حل شدن گاز در مایع، با کاهش آنتروپی همراه است.

- حل شدن جامد در مایع: در این فرایند آرایش بسیار منظم ذره‌های تشکیل دهنده‌ی جامد بلوری از بین رفته و تحرک و آزادی عمل این ذره‌ها بیشتر می‌شود. بنابراین آنتروپی افزایش می‌یابد.
- حل شدن مایع در مایع: با انجام این فرایند، حجم محلول در مقایسه با دو مایع جدا از هم، بیشتر شده و در نتیجه، آزادی عمل و تحرک ذره‌های دو مایع در حالت محلول نسبت به قبل بیشتر شده و آنتروپی افزایش می‌یابد.
- حل شدن گاز در مایع: با توجه به نیروی جاذبه‌ی ناچیز میان مولکول‌های ماده‌ی گازی شکل، آزادی عمل آنها زیاد است. با حل شدن گاز در مایع، نیروی جاذبه‌ی بین ذره‌ای افزایش یافته و آزادی عمل مولکول‌ها کمتر می‌شود و در نتیجه، آنتروپی کاهش می‌یابد.

گرماسنجی

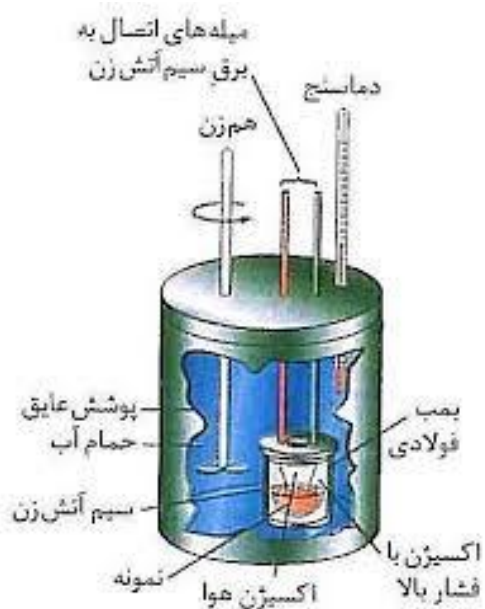
گرماسنجی روش مستقیم اندازه‌گیری گرمای آزاد شده یا جذب شده در فرآیندهای فیزیکی یا شیمیایی است. در روش مستقیم باید مقداری از واکنش‌دهنده‌ها را در شرایط مناسب بر هم اثر داد و گرمای واکنش را به طور مستقیم اندازه‌گیری کرد.

گرماسنج دستگاهی است که برای اندازه‌گیری گرمای آزاد شده یا جذب شده در یک واکنش شیمیایی به کار برده می‌شود.



گرماسنج لیوانی: برای اندازه‌گیری گرمای یک واکنش در فشار ثابت به کار برده می‌شود. این گرماسنج شامل مقدار معینی آب یا حلال مورد نظر در یک ظرف عایق‌بندی شده است. این گرماسنج یک دماسنج و یک هم‌زن نیز دارد. پیش از انجام واکنش (انحلال) دمای اولیه آب یا محلول اندازه‌گیری می‌شود.

بعد از اضافه کردن ماده‌ی دوم و انجام واکنش مورد نظر، دمای نهایی آب هم اندازه‌گیری می‌شود و با استفاده از اختلاف دمای پیش و پس از آزمایش، گرمای واکنش محاسبه می‌شود.



گرماسنج بمبی: برای اندازه‌گیری گرمای یک واکنش در حجم ثابت به کار برده می‌شود. از این نوع گرماسنج برای اندازه‌گیری گرمای سوختن یک ماده استفاده می‌شود. در گرماسنج بمبی محفظه‌ی انجام واکنش (بمب فولادی) درون یک حمام آب قرار دارد. آب درون این حمام به منظور همگن

شدن دما، به طور پیوسته در حال به هم خوردن است. پس از برقراری جریان برق و هم‌زدن با سوختن نمونه، گرمای آزاد شده سبب گرم کردن بمب و در نتیجه گرم شدن آب و افزایش دمای حمام آب می‌شود. با اندازه‌گیری پیوسته دمای آب درون حمام و با استفاده از ظرفیت گرمایی اجزای سازنده گرماسنج شامل (حمام آب، میله هم‌زن، بدنه، دماسنج، محفظه احتراق و میله‌های اتصال) که برای هر گرماسنج مقداری ثابت است و محاسبه ساده، می‌توان گرمای حاصل از واکنش سوختن را محاسبه کرد.

مواد و وسایل مورد نیاز:

کالریمتر، ترمومتر (دماسنج)، استوانه مدرج ۱۰۰ میلی‌لیتری، پتاسیم‌نیترات، سود، آب مقطر

روش آزمایش:

برای انجام این آزمایش یک کالریمتر را برداشته و توسط یک استوانه مدرج ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر در کالریمتر بریزید و درپوش آن را به همراه ترمومتر و هم‌زن قرار دهید و صبر کنید تا تعادل دمایی برقرار شود (دمای ترمومتر باید حدود چند دقیقه ثابت باشد). پس از برقراری تعادل دمایی، دما را یادداشت کنید (دمای تعادل اولیه t_1).

۵ گرم پتاسیم‌نیترات را با ترازو به طور دقیق وزن کنید و به محلول داخل کالریمتر بیفزایید و به سرعت دهانه‌ی کالریمتر را ببندید، سپس محتوای کالریمتر را توسط هم‌زن به ملایمت هم‌زده و هر ۲۰ ثانیه دما را یادداشت کنید. هنگامی که دما برای مدت چند دقیقه ثابت ماند و تغییری نکرد، این دما را بعنوان دمای تعادل در حالت ثانویه (دمای تعادل ثانویه t_2) در نظر گرفته و یادداشت کنید.

همین آزمایش را بار دیگر تکرار کنید به این صورت که بجای پتاسیم‌نیترات از ۵ گرم سود استفاده کنید و نتایج حاصل را با هم مقایسه کنید.

محاسبات:

گرمای ویژه محلول برابر گرمای ویژه آب خالص ($1/00 \text{ cal deg}^{-1} \text{ gr}^{-1}$)، گرمای ویژه پتاسیم نیترات ($0/21 \text{ cal deg}^{-1} \text{ gr}^{-1}$) و گرمای ویژه سود ($0/36 \text{ cal deg}^{-1} \text{ gr}^{-1}$) در نظر گرفته شود. گرمای انحلال از رابطه زیر بدست خواهد آمد:

$$\Delta H(\text{آزمایش}) = -Q(\text{آزمایش}) = (m_1 c_1 + m_2 c_2) (t_1 - t_2)$$

در این رابطه ΔH گرمای انحلال، Q برابر مقدار گرمای تولید شده، m_1 و m_2 وزن حلال و وزن جسم حل شده، c_1 و c_2 نیز بترتیب گرمای ویژه آنهاست و t_1 دمای تعادل اولیه و t_2 دمای تعادل ثانویه می باشد. گرمای انحلال مولی از رابطه زیر بدست خواهد آمد:

$$\Delta H (\text{انحلال}) = \frac{(\text{جرم ملکول جسم حلشونده}) M}{(\text{وزن نمونه حلشونده}) m} \times \Delta H (\text{آزمایش})$$

پرسش ها:

۱. گرمای انحلال مولی پتاسیم نیترات و سود را محاسبه نمائید و با یکدیگر مقایسه و علت اختلاف را بیان کنید.
۲. چرا گرمای انحلال مواد مختلف در حلال های مختلف متفاوت است؟
۳. آنتالپی انحلال را تعریف کنید؟
۴. انحلال ترکیبات کوالانسی در آب را توضیح دهید؟

آزمایش شماره ۲:

تیتراسیون اسید-باز

هدف: آشنایی با واکنشهای اسید و باز و چگونگی تیتراسیون آنها

تیتراسیون: روشی که توسط آن، محلولی با غلظت مشخص (تیرانت) به محلولی دیگر با غلظت مجهول (تیترونده) اضافه می شود تا واکنش شیمیایی بین دو ماده ی حل شده کامل گردد، تیتراسیون نامیده می شود. تیترا کردن از روش های تجزیه حجمی است. در تجزیه حجمی ابتدا جسم را حل کرده و حجم معینی از محلول آن را با محلول دیگری که غلظت آن مشخص است که همان محلول استاندارد نامیده می شود، می سنجند.

در تیتراسیون محلول استاندارد به طور آهسته (معمولاً) از یک بورت به محلول حاوی حجم مشخص از محلول مجهول (غلظت نامعلوم از یک ماده ی حل شده ی مشخص) اضافه می شود. افزایش محلول استاندارد، آنقدر ادامه می یابد تا مقدار آن از نظر اکسی والان برابر مقدار جسم حل شده شود.

نقطه اکسی والان نقطه ای است که در آن، مقدار محلول استاندارد افزوده شده از نظر شیمیایی برابر با مقدار محلول مجهول در حجم مورد نظر است و به عبارت دیگر تعداد اکسی والان تیرانت و تیترونده برابر است. این نقطه را نقطه ی پایان عمل از نظر تئوری یا نقطه هم ارزی نیز می گویند.

روش تیترا کردن: در عمل تیترا کردن، معمولاً محلول استاندارد را از یک بورت به محلولی که باید غلظت آن اندازه گرفته شود، می افزایند و این عمل تا وقتی ادامه دارد که واکنش شیمیایی بین محلول استاندارد و تیترونده کامل شود. سپس با استفاده از حجم و غلظت محلول استاندارد و حجم محلول تیترونده، غلظت محلول تیترونده را حساب می کنند.

تشخیص نقطه اکی والان: نقطه اکی والان را در عمل باید به طریقی تشخیص داد. این نقطه را به وسیله‌ی یک تغییر فیزیکی در محلول (مثلاً تغییر رنگ) باید تشخیص داد. نقطه‌ای که این تغییر فیزیکی (در اینجا تغییر رنگ) در آن روی می‌دهد، نقطه پایان تیتراسیون نامیده می‌شود. سعی می‌شود با انتخاب معرف‌های مناسب نقطه پایان را به نقطه اکی والان نزدیک کنیم تا خطای تیتراسیون (تفاوت بین نقطه پایان و نقطه اکی والان تیتراسیون) کاهش پیدا کند.

در تیتراسیون اسید و باز شناساگرها برای تعیین زمان حصول نقطه پایان واکنش به کار می‌روند. تغییر رنگ معرف، نشانگر نقطه پایانی تیتراسیون می‌باشد.

تیتراکون واکنش‌های اسید و باز یا خنثی شدن: تیتراکون اسید و باز، عبارت است از تعیین مقدار اسید یا باز موجود در یک محلول که با افزایش تدریجی یک باز به غلظت مشخص یا بر عکس انجام می‌گیرد. موقعی که یک محلول باز دارای یون‌های OH^- ، به محلول اسید اضافه کنیم، واکنش خنثی شدن انجام می‌شود:

$$\text{OH}^- + \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$$

شناساگرها: شناساگرها اسیدها یا بازهای ضعیفی هستند که در مقابل تغییر pH تغییر رنگ می‌دهند. در این ترکیبات، رنگ شکل ملکولی آنها با شکل یونی آنها متفاوت است. شناساگرها برای شناسایی اسیدها و بازها به ما کمک می‌کنند. برای تعیین نقطه پایان در حین تیتراکون از ترکیبات شیمیایی مشخص استفاده می‌شود که در نزدیکی نقطه اکی والان در اثر تغییر غلظت مواد تیتراکونده شروع به تغییر رنگ می‌کنند. به عبارتی دیگر، شناساگرها ماده‌ای رنگی هستند که رنگ آنها در محیط اسیدی و قلیایی با هم تفاوت دارد. شناساگرهای زیادی وجود دارد که معروفترین آنها لیتموس (تورنسل) است که در محیط اسیدی، قرمز، در محیط بازی، آبی و در حدود خنثی بنفش رنگ است. تغییر رنگ آن در نزدیکی pH برابر ۷ رخ می‌دهد. در هر حال تغییر رنگ ناگهانی نیست. فنل فتالین، معرف دیگری است که بیشتر برای بازها قابل استفاده است. این ماده جامدی سفید رنگ است که در آزمایشگاه محلول الکلی آن را بکار می‌برند. این

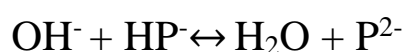
محلول در محیط اسیدی بی‌رنگ و در محیط قلیایی رقیق ارغوانی است. می‌توان از آب کلم سرخ نیز به عنوان یک شناساگر اسید و باز استفاده کرد. از آمیختن شناساگرهای مختلف با یکدیگر نوار کاغذی بدست می‌آید که با یک مقیاس رنگ مقایسه‌ای همراه است و برای اندازه‌گیری‌های تقریبی pH بطور گسترده کاربرد دارد. انواع گوناگونی از ترکیبات، هم سنتزی و هم طبیعی وجود دارند که بر حسب pH محلولی که در آن حل می‌شوند، رنگ متفاوتی به خود می‌گیرند. بعضی از این مواد سال‌ها است که برای نشان‌دادن خصلت اسیدی یا بازی آب‌ها بکار گرفته شده‌اند. این ترکیبات همچنین برای شیمیدانان عصر حاضر که از آنها برای تخمین pH محلول‌ها و تشخیص نقطه پایانی در تیتراسیون‌های اسید - باز سود می‌برند، اهمیت زیادی دارند.

مواد شیمیایی مورد نظر	وسایل و تجهیزات مورد نیاز
محلول HCl	بورت
محلول NaOH	استوانه مدرج
پتاسیم هیدروژن فتالات (KHP)	ارلن مایر
فنل فتالین	پایه و گیره
	بالون ژوزه ۱۰۰ و ۵۰ میلی‌لیتری
	پی‌پت ۱۰ میلی‌لیتری
	ترازوی دقیق

روش آزمایش

بخش اول: تعیین نرمالینه سود مجهول (استاندارد کردن سود)

پتاسیم هیدروژن فتالات یکی از متداول ترین استانداردهای اولیه برای سدیم هیدروکسید می باشد. این ترکیب یک نمک پتاسیم اسیدفتالیک (به صورت نمادین با KHP نشان داده می شود) بوده که هر مولکول آن دارای یک پروتون اسیدی می باشد. پتاسیم هیدروژن فتالات طبق معادله زیر با سدیم هیدروکسید واکنش می دهد:



یون دو ظرفیتی فتالات تولید شده باعث قلیایی شدن محلول در نقطه اکی والان می شود. از فنل فتالین به عنوان شناساگر استفاده می گردد.

ابتدا نمونه مجهول سود (NaOH) در بالون ژوزه ۱۰۰ میلی لیتری را با آب مقطر به حجم رسانده، هم می زنیم. سپس بورت را ابتدا با آب مقطر سپس با محلول سود تهیه شده شستشو می دهیم و توسط گیره به پایه متصل می کنیم. داخل بورت، محلول سود ریخته و محلول را در صفر تنظیم می کنیم.

✓ در نوک بورت نباید حباب هوا وجود داشته باشد. در صورت وجود داشتن هوا در نوک بورت باید شیر بورت را کمی باز کرد تا نوک بورت از مایع پر شود.

✓ در موقع خواندن بورت، چشم باید در امتداد سطح مایع بوده و عدد مقابل خط زیر سطح مقعر مایع خوانده شود.

حال ۱۰ میلی لیتر محلول KHP (20 mg/ml) را در یک ارلن مایر ریخته و به آن ۳۰ میلی لیتر آب مقطر اضافه کنید. سپس ۳ تا ۴ قطره فنل فتالین اضافه می کنیم. ارلن را زیر بورت قرار داده، با دست چپ شیر

بورت را باز می کنیم تا قطره قطره محلول سود به محلول اسید اضافه شود و با دست راست، ارلن را به آهستگی حرکت دورانی می دهیم. این عمل تا آنجا ادامه یابد که محلول داخل ارلن ارغوانی رنگ (صورتی رنگ) شود و این نشانگر بازی شدن محلول داخل ارلن است. افزایش سود را متوقف کرده و حجم سود مصرفی را از روی بورت می خوانیم.

از فرمول زیر نرمالیتة سود مجهول به راحتی محاسبه می شود:

$$\frac{\text{KHP اسید } mg}{\text{وزن اکی والانی KHP}} = N \times V \text{ سود}$$

وزن اکی والانی (KHP) : ۲۰۴/۲۲

بخش دوم: تعیین نرمالیتة HCl با سود استاندارد شده

۱۰ میلی لیتر محلول HCl با غلظت مجهول را تهیه کرده و توسط پی پت به درون ارلن ریخته و به آن ۳۰ میلی لیتر آب مقطر و چند قطره (سه قطره) از معرف فنل فتالین اضافه می کنیم. سپس یک بورت را (که قبلاً با آب مقطر و مقداری از محلول استانداردمان آن را شسته ایم) پر از محلول سود استاندارد (NaOH) می کنیم. بورت را توسط یک گیره به پایه متصل کرده و ارلن حاوی محلول HCl را در زیر بورت قرار می دهیم. انتهای بورت باید از دهانه ی ارلن مقداری فاصله داشته باشد تا بتوان به راحتی ارلن را تکان داد. شیر بورت را کمی باز می کنیم تا محلول سود استاندارد قطره قطره به درون ارلن بریزد. با چکیدن هر قطره ارلن را به صورت دورانی تکان می دهیم تا محلول همگن شود. این عمل را ادامه می دهیم تا اینکه محلول درون ارلن ارغوانی رنگ شود. هنگامی که رنگ محلول ارغوانی شد شیر بورت را بسته و ارلن را تکان می دهیم اگر رنگ ارغوانی از بین رفت قطره بعدی را اضافه می کنیم این کار را ادامه می دهیم تا محلول

ارغوانی یکنواختی به دست بیاید. حال حجم را از روی بورت می خوانیم و محاسبات را انجام می دهیم.

$$N_1 V_1 = N_2 V_2$$

پرسش‌ها:

- (۱) محلول استاندارد اولیه چیست؟
- (۲) یک جسم یا ماده که برای ساختن محلول استاندارد اولیه بکار می رود باید چه خصوصیتی داشته باشد؟
- (۳) نقطه پایانی و نقطه هم‌ارزی با هم چه تفاوتی دارند؟
- (۴) نقطه پایانی توسط معرف چگونه شناخته می شود؟
- (۵) فرمول ساختاری KHP را رسم کنید.

تیتراسیون واکنش‌های اکسایش-کاهش

هدف: آشنایی با واکنش‌های اکسایش و کاهش و چگونگی تیتراسیون آن‌ها

در واکنش‌های اکسایش و کاهش (احیاء) الکترون بین اکسنده و کاهنده رد و بدل می‌شود. وقتی عنصری یک یا چند الکترون از دست می‌دهد این عنصر اکسید می‌شود و عمل را اکسایش گویند و بالعکس. در عمل کاهش همیشه عنصری که احیاء شده است یک یا چند الکترون به دست می‌آورد. بنابراین اکسایش از دست دادن الکترون و کاهش به دست آوردن الکترون است. در عمل اکسایش، عدد اکسایش عنصر بالا می‌رود و در کاهش پایین می‌آید.



روی با از دست دادن دو الکترون اکسید می‌شود و عدد اکسایش آن از صفر به دو افزایش می‌یابد. و در



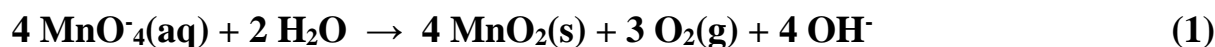
یون روی کاهش می‌یابد و عدد اکسایش آن از ۲ به صفر می‌رسد.

تمایل عناصر به شرکت در واکنش اکسایش-کاهش با یکدیگر فرق می‌کند و معمولاً این تمایل را با یک واکنش استاندارد، مانند واکنش اکسایش هیدروژن ($\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$) می‌سنجند.

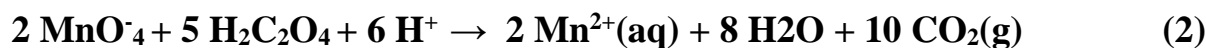
برای محاسبه میل نسبی عناصر به اکسایش-کاهش از پتانسیل الکتروود استاندارد آنها که در درس شیمی عمومی به طور مفصل بحث می‌شود، استفاده می‌شود. یک اکی‌والان از یک ماده اکسنده یا کاهنده درواکنش به ترتیب عبارت است از ماده‌ای که یک مول (mol) الکترون می‌گیرد یا از دست می‌دهد. بنابراین یک جسم اکسنده یا کاهنده ممکن است مقادیر جرمی مختلفی برای یک اکی‌والان داشته باشد، که بستگی به نوع واکنشی دارد که در آن شرکت می‌کند (یک ماده در واکنش‌های مختلف تعداد

الکترون‌های متفاوتی را از دست می‌دهد یا می‌گیرد).

در این آزمایش نرمالیتی محلول پتاسیم پرمنگنات را به وسیله تیتراژ کردن محلول اسیدی آن به وسیله مقدار معینی یون اگزالات تعیین می‌کنیم. محلول پتاسیم پرمنگنات را نمی‌توان به صورت خالص نگهداری کرد. زیرا می‌تواند آب را بر طبق واکنش زیر اکسید کند.



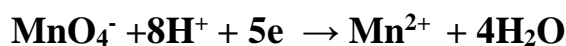
به همین دلیل باید محلول پرمنگنات را قبل از مصرف استاندارد کرد. سدیم اگزالات $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ یکی از اجسام مناسب برای استاندارد کردن پرمنگنات است. رابطه یونی خالص برای این واکنش اکسایش-کاهش عبارت است از:



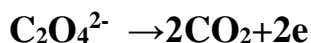
سرعت واکنش فوق در ۷۰ درجه سانتی‌گراد برای تیتراسیون مناسب است. به همین دلیل باید محلول سدیم اگزالات را به صورت داغ استفاده کرد.

❖ **نکته:** جرم یک اکسی‌والان KMnO_4 موقعی که یونهای MnO_4^- در محلول اسیدی کاهش می‌یابد برابر

است با $\frac{1}{5}$ جرم مولی KMnO_4^- زیرا:



و جرم یک اکسی‌والان از یون اگزالات $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ برابر $\frac{1}{2}$ جرم مولی آن است زیرا:



وسایل و تجهیزات مورد نیاز	مواد شیمیایی مورد نیاز
بورت	(۱) پتاسیم پرمنگنات
استوانه مدرج	(۲) سدیم اگزالات
ارلن مایر ۲۵۰ میلی لیتری	(۳) سولفوریک اسید رقیق
پایه و گیره و اتصالات مربوط	

روش کار:

بورت را با آب مقطر شسته و بعد با چند میلی لیتر محلول پرمنگنات شستشو دهید. سپس بورت را با محلول پرمنگنات پر نمایید. نمونه یون اگزالات را وزن کنید (۰/۱۰ تا ۰/۱۵ گرم) و در یک ارلن مایر ۱۲۵ میلی لیتری بریزید. آنگاه ۲۰ میلی لیتر آب مقطر و ۲۰ میلی لیتر سولفوریک اسید رقیق به آن اضافه نمایید. سپس محلول را تا نقطه جوش حرارت دهید، پس از جوش چند لحظه ای محلول را به حال خود بگذارید تا از جوش بیفتد، کمی پس از سرد شدن، در حالی که محلول را تکان می دهید، آن را با محلول پتاسیم پرمنگنات تیترا کنید. پایان عمل تیترا کردن زمانی مشخص می شود که رنگ ضعیفی از محلول بنفش رنگ پرمنگنات در محلول ایجاد شود، که نشان دهنده جزئی اضافی MnO_4^- است پس از پدیدار شدن این رنگ، عمل تیترا کردن را خاتمه دهید. پایان تیتراسیون با افزایش یک قطره از پرمنگنات تا رسیدن به رنگ بنفش کم رنگ مشخص می شود. مقدار میلی لیتر پتاسیم پرمنگنات مصرف شده را یادداشت کنید.

محاسبات:

جرم یک میلی‌اکی‌والان یون انزالات را به دست آورید و با استفاده از آن نرمالیه محلول پرمنگنات را محاسبه نمایید.

پرسش‌ها:

- ۱- چرا در این تیتراسیون شناساگر به کار نمی‌رود؟
- ۲- چرا از سولفوریک اسید رقیق استفاده نموده‌اید؟
- ۳- چه ترکیباتی اکسنده چه ترکیباتی کاهنده‌اند؟ در این تیتراسیون کاهنده و اکسنده را مشخص کنید.
- ۴- چند گرم سدیم پرمنگنات برای تهیه ۱۰۰ میلی‌لیتر از یک محلول ۰/۱۵ نرمال در این واکنش لازم است؟
- ۵- اگر محلول‌های پرمنگنات روی پوست بدن بریزد لکه‌های قهوه‌ای‌رنگ بر روی پوست ظاهر می‌شود. دلیل این پدیده را بیان کنید.

تعیین و محاسبه سختی آب

هدف: آشنایی با سختی موقت و دائم آب‌های آشامیدنی و چگونگی محاسبه آنها

آب یکی از فراوان‌ترین ترکیبات زمین است و از آن به عنوان بزرگترین حلال شیمیایی یاد شده است. آب یکی از اساسی‌ترین تشکیل‌دهنده 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. به طور کلی آب‌ها به گروه آب‌های آشامیدنی، صنعتی و کشاورزی تقسیم می‌شوند.

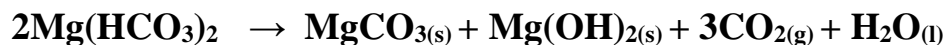
کیفیت آب‌های آشامیدنی با خواص فیزیکی و شیمیایی آن‌ها بیان می‌شود. این خواص عبارتند از: شفافیت، رنگ، بو، دما، نمک‌های محلول در آب، سختی و pH. در بین عوامل ذکر شده، نمک‌های محلول در آب که قسمتی از آنها سختی آب را ایجاد می‌کنند یکی از مهم‌ترین عوامل است. کل نمک‌هایی که در آب موجوداند نشان‌دهنده ناخالصی‌های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

سختی آب به وجود املاح کلسیم و منیزیم و به مقدار کمتری به املاح روی، آهن، آلومینیوم و منگنز مربوط است. املاح سدیم و پتاسیم در ایجاد سختی آب دخالت ندارند. سختی را بر حسب میلی‌گرم در لیتر کلسیم کربنات اندازه‌گیری می‌کنند.

برای آب سه نوع سختی در نظر گرفته شده است:

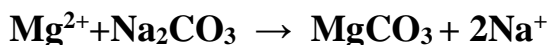
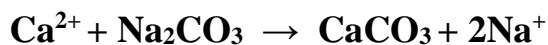
۱- **سختی موقت:** که به علت وجود کربنات‌های کلسیم و منیزیم است که در اثر جوشاندن به

کربنات‌های نامحلول تبدیل می‌شوند و به صورت جامد ته‌نشین می‌گردند.



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

معمولاً از ترکیبات سدیم برای رسوب یون کلسیم و منیزیم که سختی دائمی آب را تشکیل می‌دهند، استفاده می‌شود و به این ترتیب سختی دائمی آب را از بین می‌برند.



۳- **سختی کل:** مجموع سختی موقت و دائم را سختی کل می‌نامند.

طبقه‌بندی آب از نظر سختی به ترتیب زیر است:

نوع آب	سختی (میلی‌گرم در لیتر کلسیم کربنات)
نرم	۵-۵۵
سختی کم	۵۶-۱۰۰
متوسط	۱۰۰-۲۰۰
خیلی سخت	۲۰۱-۵۰۰

وسایل و تجهیزات مورد نیاز	مواد شیمیایی مورد نظر
هیتر	۱- محلول EDTA ... ۰/۰۱ مولار
بورت	۲- معرف اریوکروم بلک تی
استوانه مدرج	۳- بافر آمونیاک/آمونیم کلرید (pH=10)
کاغذ صافی	
قیف شیشه‌ای	

الف: اندازه‌گیری سختی کل

۵۰ میلی‌لیتر آب شهر را بوسیله استوانه مدرج درون ارلن مایر بریزید. ۱۰ میلی‌لیتری بافر با pH=10 را توسط استوانه مدرج برداشته و به آن اضافه کنید. محلول را حدود ۴۰-۵۰ درجه گرم کنید. پس از افزودن یک نوک اسپاتول از معرف اریوکروم بلک تی، آن را به وسیله محلول EDTA ۰/۰۱ M که قبلاً در بورت آماده کرده‌ایم تیتراً کرده و تا تغییر رنگ معرف (لطفاً تغییر رنگ معرف را در گزارش کار خود بنویسید) و رسیدن به نقطه پایانی ادامه دهید. حجم EDTA مصرفی را یادداشت کنید (V_1). با استفاده از فرمول صفحه بعد سختی کل را محاسبه نمایید.

ب: اندازه‌گیری سختی دائم:

۵۰ میلی‌لیتر آب شهر را بوسیله استوانه مدرج برداشته و درون ارلن بریزید و حدود چند دقیقه بجوشانید. پس از آنکه کمی سرد شد با استفاده از قیف و کاغذ صافی در استوانه مدرج صاف کرده و سپس با آب مقطر حجم کم شده را جبران کنید (تا ۵۰ میلی‌لیتر). ۴ میلی‌لیتر بافر pH=10 اضافه کنید و چنانچه محلول

از ۴۰-۵۰ درجه خنک تر شده ضمن اضافه کردن یک نوک اسپاتول از معرف، بوسیله محلول ۰/۰۱ مولار EDTA تیترا کنید. حجم EDTA مصرفی را یادداشت کنید (V_2).

محاسبه هر دو مورد (سختی کل و سختی دائم) به صورت زیر است:

$$\text{سختی} = N \times V \times M_{\text{CaCO}_3} \times \frac{1000}{50}$$

پرسش‌ها:

- ۱- کلیه فرمولها و واکنش‌های شیمیایی انجام شده را بنویسید.
- ۲- چرا بین V_1 و V_2 اختلاف مشاهده می‌شود؟
- ۳- سختی کل، دائم و موقت را محاسبه کنید و مشخص نمایید آب شیر مورد آزمایش جزء کدام یک از انواع آب‌هاست؟

جداسازی چند یون با استفاده از کروماتوگرافی کاغذی

هدف: آشنایی با کروماتوگرافی و جداسازی مخلوط کاتیون‌ها به روش کروماتوگرافی کاغذی و محاسبه R_f کاتیون‌ها.

کروماتوگرافی که به معنی نمودار کردن رنگ‌ها است که اولین بار در آزمایش‌های tswett عنوان شده است. او در سال ۱۹۰۶ موفق به جداسازی مخلوط رنگدانه‌های رنگی، که از برگ درختان تهیه کرده بود، گردید. در این آزمایش‌ها، مخلوط حلال و رنگدانه‌ها را از ستون شیشه‌ای پر شده با گچ، عبور می‌داد، که در نتیجه این عمل رنگدانه‌ها به صورت باندهای رنگی که فاصله‌های متفاوتی نسبت به سطح اولیه (شروع آزمایش داشتند)، جدا می‌گردیدند. این روش، هم‌اکنون به عنوان کروماتوگرافی ستونی شناخته شده است. در حال حاضر کروماتوگرافی نه تنها برای جداسازی ترکیبات رنگی بلکه می‌توان برای جداسازی ترکیبات بی‌رنگ و یون‌ها نیز استفاده کرد.

بطور کلی، کروماتوگرافی روشی فیزیکی برای جداسازی مواد از یکدیگر به شمار می‌رود که در آن ترکیبات جدا شده بین دو فاز پخش می‌شوند. یکی از این دو فاز به عنوان فاز ثابت انتخاب می‌شود که سطح وسیعی را تشکیل می‌دهد و فاز دیگر فاز متحرک که از بین یا در طول فاز ثابت در حرکت است. معمولاً کروماتوگرافی را به چند نوع تقسیم می‌کنند. ولی انواع کروماتوگرافی در دو اصل با هم مشترک‌اند. بدین معنی که در تمام انواع مختلف کروماتوگرافی فاز متحرک و فاز ثابت وجود دارد.

انواع کروماتوگرافی عبارتند از:

- ۱- کروماتوگرافی گاز_مایع: فاز متحرک آن گاز و فاز ثابت آن مایع است.
- ۲- کروماتوگرافی مایع_مایع: فاز متحرک آن مایع و فاز ثابت آن نیز مایع است.
- ۳- کروماتوگرافی گاز_جامد: فاز متحرک آن گاز و فاز ثابت آن جامد است.
- ۴- کروماتوگرافی مایع_جامد: فاز متحرک آن مایع و فاز ثابت آن جامد است.

بحث ما در این آزمایش کروماتوگرافی کاغذی است که از نوع کروماتوگرافی مایع_جامد بوده که فاز ثابت (جامد) کاغذ مخصوص کروماتوگرافی یا کاغذ صافی و فاز متحرک (مایع) یک حلال است.

در عمل، نمونه‌ای از محلول که اجزاء آن باید جدا شوند، به صورت نقطه روی کاغذ کروماتوگرافی قرار داده و سپس لبه‌ی کاغذ را در حلال فرو می‌بریم به طوری که نقاط نمونه محلول که گذاشته‌ایم، کمی بالاتر از سطح مایع قرار داشته باشد. به محض اینکه حلال کاغذ را خیس نماید، بنابر اثر لوله‌های موئین حلال در کاغذ بالا می‌رود و به همراه خود مخلوط نمونه را نیز بالا می‌برد. هر جزء نمونه، حلالیت متفاوتی را در فاز متحرک دارند و بنابراین با سرعت‌های مختلفی نیز به طرف بالا حرکت می‌کنند. نتیجه‌ی این امر جداسازی اجزاء نمونه می‌باشد. در یک سیستم با حلال معین و فاز ثابت یکسان و در دمای ثابت، هر جزء را می‌توان به وسیله مقدار ثابت R_f (Rate of flow) مشخص کرد. R_f به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$R_f = \frac{\text{فاصله طی شده توسط نمونه حل شده از مبدأ}}{\text{فاصله طی شده توسط حلال از مبدأ}}$$

بعد از جداسدن اجزاء در کروماتوگرافی روی کاغذ باید آنها را شناسائی کرد. یکی از روش‌های شناسایی استفاده از معرف‌های شیمیایی است که معمولاً روی کروماتوگرام اثر می‌گذارند و در اثر این ترکیب رنگ جدیدی ظاهر می‌شود که نماینده جزء خاصی است و یا می‌توان از چند معرف مختلف استفاده کرد. که هر

یک از این معرف ها فقط با یک جسم واکنش رنگی می دهد یا معرفی به کاربرد که رنگ های متفاوتی با اجسام مختلف تولید کند. در صورتی که معرف های مختلف یکسانی با تمام اجزاء یک مخلوط تولید کند، می توان روش دیگری به کار برد. به این ترتیب که R_f اجسام معین را در شرایط مساوی با آزمایش به دست آورده و سپس با آنچه که از آزمایش نتیجه شده است، مقایسه کرد. در این آزمایش می خواهیم یون های آهن (III)، مس (II) و نیکل (II) را جدا کنیم. یون های آهن روی کاغذ مرطوب رنگ زنگ ایجاد می کنند که مستقیماً مرئی است. وجود یون های Cu^{2+} را می توان به وسیله ی رنگ آبی تیره ی کمپلکسی که در اثر ترکیب با آمونیاک تشکیل می شود، آشکار کرد. یون های Ni^{3+} با تشکیل کمپلکس قرمز با دی متیل گلی اکسیم، آشکار خواهد گردید.

مواد شیمیایی مورد نیاز	وسایل و تجهیزات مورد نیاز
<ul style="list-style-type: none"> • هیدروکلریک اسید غلیظ (HCl) • استون • فریک کلرید ($FeCl_3$) • مس (II) سولفات ($CuSO_4$) • نیکل (II) کلرید ($NiCl_2$) • آمونیاک (NH_3) • دی متیل گلی اکسیم • آب مقطر 	<ul style="list-style-type: none"> • بشر بزرگ • بشر کوچک • کاغذ کروماتوگرافی یا کاغذ صافی • خط کش

روش انجام آزمایش:

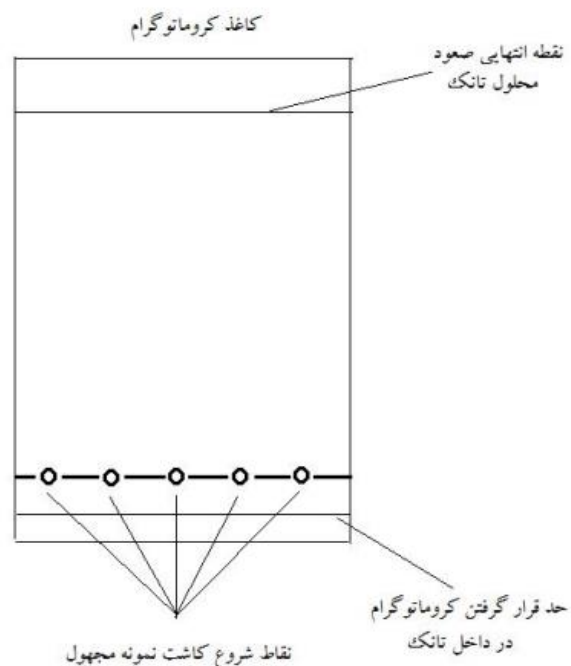
در زیر هود حلال‌های زیر را تهیه نمایید:

برای تهیه حلال در یک بشر ۵۰ میلی‌لیتری، ۲ میلی‌لیتر آب مقطر، سپس ۴ میلی‌لیتر هیدروکلریک اسید غلیظ و در انتها ۱۹ میلی‌لیتر استون اضافه کنید. سپس حلال تهیه‌شده را در یک بشر بزرگ بریزید و دهانه بشر را محکم به وسیله درپوش یا پارافیلیم ببندید و مدتی ساکن قرار دهید تا داخل بشر از بخار حلال اشباع شود تا جداسازی بهتر انجام شود.

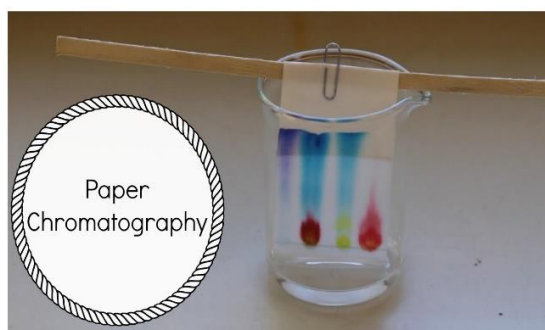
سپس یک کاغذ صافی را در نظر بگیرید و یک خط با مداد (خودکار یا خودنویس به کار نبرید) به فاصله ۲ سانتی‌متر از لبه کاغذ بکشید. این خط مشخص‌کننده خط مبدأ است. با استفاده از لوله موئین هر یک از ۵ محلول لیست زیر به روی خط مبدأ منتقل کنید. برای هر محلول یک لوله موئین تمیز به کار ببرید.

محلول‌ها عبارتند از:

- ۱- محلول حاوی یون Fe^{3+}
- ۲- محلول حاوی یون Cu^{2+}
- ۳- محلول حاوی یون Ni^{2+}
- ۴- محلول شامل مخلوط هر ۳ یون
- ۵- نمونه مجهول



پس از قرار دادن یک قطره از هر محلول روی کاغذ کروماتوگرافی، بگذارید خشک شوند. از سشوار برای سریع خشک کردن می توان استفاده کرد. کاغذ کروماتوگرافی را به وسیله گیره متصل کنید و داخل بشر طوری قرار دهید که خط مبدأ بالای حلال قرار گیرد. (مطابق شکل زیر)



پوشش پلاستیکی درب بشر را مجدداً قرار دهید و منتظر شوید تا حلال به حدود ۶ تا ۷ سانتی متر بالاتر از خط مبدأ حرکت کند. سپس به سرعت کاغذ کروماتوگرافی را بردارید و محل بالا رفتن حلال با مداد علامت بگذارید و صبر کنید تا خشک شود. برای شناسایی اجزاء جدا شده از معرف های ویژه استفاده می کنیم. ابتدا چند میلی لیتر محلول آمونیاک خالص توسط ظرف مخصوص، روی کاغذ کروماتوگرافی

اسپری کرده یا بچکانید، که در نتیجه این عمل نقاط حاوی یون Cu^{2+} به رنگ آبی در خواهد آمد. سپس عمل اسپری کردن (یا چکاندن) محلول دی‌متیل‌گلی‌اکسیم را بر روی کاغذ کروماتوگرافی انجام شود. نقاط حاوی یون Ni^{2+} به رنگ قرمز در خواهد آمد. کاغذ کروماتوگرافی را خشک کنید و دور نقاط رنگی جدیدی که به دست می‌آید دایره‌ای بکشید و R_f مربوط به این نقاط را محاسبه کنید و جدول را کامل کنید (هر نقطه‌ای که ظاهر شد با مداد دور آن را دایره‌ای بکشید و فاصله‌ی مرکز هر یک از لکه‌ها را تا خط مبدأ و همچنین فاصله خط مبدأ را تا بالاترین نقطه که حلال رسیده است، توسط خط کش و با دقت یک میلی‌متر اندازه بگیرید و در جدول زیر قرار دهید).

شماره محلول	رنگ			فاصله از مبدأ			مقدار		
	Fe^{3+}	Cu^{2+}	Ni^{2+}	Fe^{3+}	Cu^{2+}	Ni^{2+}	Fe^{3+}	Cu^{2+}	Ni^{2+}
۱									
۲									
۳									
۴									
۵									

- شماره مجهول:.....
- فاصله ای که حلال به خط مبدا طی کرده است:.....
- یونهای موجود در نمونه مجهول:.....

پرسش‌ها:

- ۱- درجه حرارت چه تاثیری بر R_f دارد و چرا؟
- ۲- آیا نوع کاغذ کروماتوگرافی بر R_f تأثیر دارد و چرا؟
- ۳- علت انتخاب حلال‌های مختلف در کروماتوگرافی چیست؟
- ۴- مقدار R_f به چه عواملی بستگی دارد؟
- ۵- اگر غلظت لکه‌هایی که روی کاغذ می‌گذارید زیاد شده چه حالتی پیش می‌آید؟