

## مقدمه

گسترش تکنولوژی در کلیه‌ی زمینه‌ها از یک سو و تغییرات بی‌دری در شیوه‌های زندگی و روابط انسانی از سوی دیگر، مسایل فراوانی را به بار آورده است. در چنین شرایطی، برنامه‌ها و روش‌های آموزش سنتی یارای پاسخگویی به نیازها را نداشته و از همگامی با تحولات شگرف زندگی امروز باز می‌ماند. در نیم قرن گذشته، رشد عظیم دانستنی‌ها (پدیده‌ای که به انفجار دانش معروف است)، موجب افزایش روزافزون حجم برنامه‌ها و کتاب‌های درسی شد. دانشمندان، محققان، روانشناسان و معلمان به این نتیجه رسیدند که راه حل این مسایل، باز شناختن نیازها، هدف‌ها، روش‌ها و کاربرد مفاهیم جدید یادگیری است.

دیران و هنرآموزان عزیز ما درحین آموزش دروس مختلف شیمی در رشته‌ی صنایع شیمیایی، باید این نکته را در نظر داشته باشند، که آموزش بر پرورش تقدّم عملی دارد، یعنی پرورش بدون آموزش مطلوب، امکان‌پذیر نیست، لکن هدف نهایی، پرورش افراد با کیفیت‌های مطلوب و مطابق با معیارهای اسلامی و انسانی است. امروزه در مقاطع تحصیلی پایین‌تر از دانشگاه، (به‌جز در موارد جزئی) آموزش خود هدف نیست، بلکه وسیله است و هر یک از دروس شیمی در رشته‌ی صنایع شیمیایی یکی از این ابزارهاست. یعنی هدف از آموزش شیمی در این رشته تربیت یک شیمیدان ماهر نیست، بلکه هر یک از دروس شیمی وسیله‌ای برای تبیین هدف‌های آموزشی است. با توجه به این موضوع از معلم انتظار می‌رود که به جای تأکید بر انتقال محتوا، با روش تدریس مناسب، هدف‌های تربیتی مورد نظر را تحقق بخشد.

هدف‌های آموزش شیمی تجزیه نیز با توجه به اصول برنامه‌ریزی و با در نظر گرفتن همین معیارها تنظیم شده و معلم ضمن تدریس باید همواره آن‌را مورد توجه قرار دهد.

## هدف کلی

درک صحیح مفاهیم شیمی تجزیه‌ی کیفی و کمی و مبانی تجربی آن در راستای صنایع شیمیایی و برخی از تکنولوژی‌های وابسته و کسب مهارت‌های لازم اولیه برای کار در آزمایشگاه‌های کارخانه‌های صنایع شیمیایی.



## نمونه برداری، محاسبه و خطا

هدف های رفتاری: از فراگیر انتظار می رود، بعد از انجام آزمایش های این فصل بتواند:

- ۱- نمونه برداری را انجام دهد.
- ۲- خطای شخصی و دستگاهی را در آزمایش تعیین کند.
- ۳- اجزای تشکیل دهنده ی یک نمونه ی حقیقی ناخالص را جدا کند.
- ۴- محاسبات وزنی را در آزمایش انجام دهد.

اطمینان حاصل شود که ترکیب نمونه ثابت مانده و همچنان نماینده ی ماده ی اصلی است (به عبارت ساده تر، مشت نمونه ی خروار است).

### مواد لازم

کات کبود (مس (II) سولفات پنتا هیدرات یا زاج آبی<sup>۱</sup>). به شکل ۱-۱ توجه کنید (ممکن است آب تبلور این ترکیب کم تر از ۵ باشد. زیرا ممکن است بر اثر گرمای موجود در آزمایشگاه، مقداری از آب تبلور خود را از دست داده باشد).

### ابزار لازم

- ۱- شیشه ی ساعت
  - ۲- قاشقک (اسپاتول<sup>۳</sup>)
  - ۳- ترازوی دقیق
  - ۴- هاون چینی یا آسیاب برقی
- روش کار<sup>۴</sup>: مقدار ۱۰g کات کبود (زاج آبی) را وزن کرده آن گاه به وسیله ی هاون چینی یا آسیاب برقی، آن را نرم نمایید. از این نمونه ی بزرگ، روی شیشه ی ساعت توده ی مخروطی شکلی ایجاد نمایید. سپس رأس مخروط را مسطح نموده تا توده ی مخروطی به شکل لایه ی مدوری درآید. این دایره را با دو قطر عمود بر هم به چهار قسمت تقسیم نمایید. دو قسمت ربعی را کنار گذاشته و با دو قسمت ربعی باقیمانده دوباره مخروطی ایجاد نمایید. این عمل را تکرار نمایید تا نمونه ای به وزن حدود

## آزمایش ۱-۱- نمونه برداری<sup>۱</sup>

هدف: آشنایی با نمونه برداری در شیمی تجزیه

به طور کلی، تجزیه ی شیمیایی بر روی قسمتی از ماده که ترکیب نسبی آن مورد توجه است، انجام می شود. برای اینکه یک تجزیه ی شیمیایی دارای ارزش علمی باشد، باید ترکیب این قسمت از ماده حتی المقدور با ترکیب کلی توده ی بزرگ نمونه ی مورد آزمایش یکی باشد. برداشتن قسمتی از نمونه، که خواص کل ماده را داشته باشد، نمونه برداری نامیده می شود.

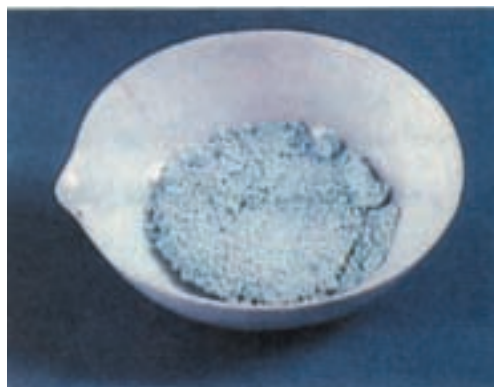
در اغلب موارد، نمونه برداری مشکل ترین مرحله ی کل فرایند تجزیه است. این ادعا بویژه وقتی صدق می کند که ماده ی مورد نمونه برداری یک کالای تجاری، چند تن وزن داشته باشد. برای مواد ناهمگن، نمونه ی بزرگ می تواند چند صد کیلوگرم یا بیش تر باشد. قبل از اینکه نمونه به آزمایشگاه منتقل شود، وزن آن را به میزان قابل توجهی کاهش می دهند. چرا که در آزمایشگاه بالاترین وزن مناسب برای جابه جایی و کار کردن، بندرت چند کیلوگرم می باشد.

فرایند کاستن مقدار نمونه معمولاً در چند مرحله انجام می شود و نمونه ۱۰۰ مرتبه یا حتی بیشتر، کوچک می شود؛ این کار، نیاز به تکرار اعمال آسیاب کردن، اختلاط و تقسیم دارد. با کم تر شدن وزن نمونه، اندازه ی ذرات آن نیز کوچک تر می شود تا

۵/۰ گرم به دست آید. نمونه‌ی حاصل را به‌طور دقیق وزن کنید. این آزمایش را یک‌بار با ۱۰g نمک طعام و بار دیگر با ۱۰g پودر لباسشویی انجام دهید.



(الف)



(ب)

شکل ۱-۱ الف- بلورهای آبی مس (II) سولفات،  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  ب- این بلورها وقتی گرم شوند آب تبلور خود را از دست می‌دهند تا جایی که تقریباً جامد خالص سفیدرنگ  $\text{CuSO}_4$  باقی بماند.

آزمایش ۲-۱- شناسایی یک محلول حقیقی ناخالص هدف: نشان دادن یک نمونه محلول شیمیایی

ناخالص

مواد لازم

۱- سدیم هیدروکسید

- ۲- آب مقطر
- ۳- محلول آب آهک
- ابزار لازم
- ۱- ارلن ۲۵۰mL
- ۲- بشر ۲۵۰mL
- ۳- همزن شیشه‌ای
- ۴- کاغذ صافی
- ۵- قیف شیشه‌ای

روش کار: مقدار ۲g سود را در ۹۸g آب مقطر، که در دمای آزمایشگاه تقریباً برابر با ۹۸mL است، در یک بشر ۲۵۰mL حل نمایید (با چه تدبیری می‌توان به گرماگیر بودن یا گرماده بودن انحلال سود در آب پی برد؟) اگر در این محلول بدمید یا بگذارید مدتی با در باز بماند، گاز کربن دی‌اکسید موجود در هوای بازدم شما یا هوا با محلول سود واکنش نشان داده و مقداری از آن را به سدیم کربنات،  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ، تبدیل می‌کند. سرانجام اگر عمل ادامه یابد، بعد از مدتی احتمالاً سدیم تییدروژن کربنات هم،  $\text{NaHCO}_3$  (جوش شیرین)، به دست خواهد آمد. بنابراین، این محلول سود در آب که یک محلول حقیقی می‌باشد، نسبت به سدیم هیدروکسید ناخالص است.

برای تشخیص اینکه این محلول حقیقی سود خالص می‌باشد، حدود ۱۰mL از آن را در یک لوله‌ی آزمایش بریزید. قبلاً یک چوب پنبه را که در آن یک لوله‌ی رابط قرار داده‌اید آماده کنید. سپس چند قطره محلول غلیظ هیدروکلریک اسید به لوله‌ی آزمایش اضافه کنید و فوری در آن را با چوب پنبه‌ای که لوله‌ی رابط در آن قرار دارد، ببندید و لوله‌ی رابط را درون لوله‌ی آزمایشی که آب آهک  $\text{Ca(OH)}_2$ ، در آن وجود دارد، فرو برید. در این صورت، گاز  $\text{CO}_2$  تولید شده موجب کدر شدن آب آهک می‌شود. به دلیل تشکیل رسوب سفید کلسیم کربنات،  $\text{CaCO}_3$ ، این محلول کدر می‌شود.

## پرسش و تمرین

- ۱- غلظت درصد محلول اولیه‌ی سود را تعیین کنید.
- ۲- پس از واکنش گاز  $\text{CO}_2$  با محلول سود، آیا غلظت محلول سود تغییر خواهد کرد یا نه؟ چگونه؟
- ۳- انحلال سود در آب گرماده می‌باشد یا گرماگیر؟ با دماسنج آزمایش و نتیجه را گزارش نمایید.
- ۴- اگر انحلال سود در آب گرماده باشد، برای تسریع انحلال سود در آب، چه باید کرد؟ با ذکر دلیل و توجه به اصل لوشاتلیه، توضیح دهید.
- ۵- معادلات واکنش‌های انجام شده را بنویسید.

### ۳-۱- تعیین درصد اجزای یک نمونه‌ی حقیقی

هدف: آزمایش تعیین درصد اجزای یک نمونه

مواد لازم

- ۱- آلیاژ برنج یا مخلوطی از براده‌ی مس و روی
- ۲- آب مقطر
- ۳- محلول هیدروکلریک اسید ۳M
- ۴- استون

ابزار لازم

۱- ارلن مایر ۲۵۰ mL

۲- شیشه‌ی ساعت

۳- ترازوی دقیق تجزیه‌ای

۴- اسپاتول

۵- کاغذ صافی

۶- قیف شیشه‌ای

۷- همزن شیشه‌ای

روش کار: برنج آلیاژی است که از سرد کردن مخلوط دو فلز مذاب مس و روی به دست می‌آید. این آلیاژ یک محلول جامد در جامد است. برای جدا کردن مس و روی و تعیین درصد مس در این آلیاژ به شرح زیر عمل نمایید.

۱/۳ گرم از براده‌ی آلیاژ برنج یا ۱/۳ گرم مخلوطی از براده‌ی روی و براده‌ی مس را که مسئول آزمایشگاه در اختیار شما قرار می‌دهد، به وسیله‌ی ظرف توزین در روی ترازوی دقیق تجزیه‌ای وزن کنید و از آن نمونه‌ای به وزن ۴/۰ گرم تهیه نمایید.

حال این نمونه را در یک ارلن مایر ۲۵۰ mL بریزید. با یک استوانه‌ی مدرج ۲۵ mL مقدار ۲۰ mL محلول هیدروکلریک اسید ۳M به آن بیفزایید و در صورت لزوم حرارت دهید. چنانچه حجم محلول بر اثر گرم کردن کم شد، ۱۰ الی ۲۰ میلی لیتر آب مقطر به آن اضافه کنید و در صورت نیاز چند mL محلول HCl ۳M به آن بیفزایید. در این صورت به دلیل اینکه فقط فلز روی در هیدروکلریک اسید حل شده است فلز مس پس از پایان واکنش، به حالت جامد، در مخلوط باقی می‌ماند. بعد از پایان واکنش، حجم مخلوط را با آب مقطر به ۱۰۰ mL برسانید.

مخلوط واکنش را بعد از سرد کردن مطابق شکل ۱-۲ صاف نمایید. بعد از صاف کردن، فلز مس روی کاغذ صافی را دوبار و هر بار با ۵ mL آب مقطر بشوید. برای اینکه فلز مس زودتر خشک شود، ۵ mL استون روی کاغذ صافی اضافه نمایید (چرا؟ فکر کنید و پاسخ دهید). سپس به مدت ۵ دقیقه آن را در خشک کن<sup>۱</sup>، که دمای آن تا ۵۰°C تنظیم شده است، قرار دهید تا خشک شود. اگر فلز مس مدت زیادی در خشک کن بماند یا اگر دمای آن بالا باشد، امکان دارد فلز مس قرمز رنگ به مس (I) اکسید قرمز رنگ،  $\text{Cu}_2\text{O}$ ، تبدیل شود. در این صورت، فلز مس به دست آمده ناخالص خواهد بود. بعد از خشک شدن، فلز مس را وزن کرده و از آنجا درصد فلز مس را در آلیاژ به دست آورید. روش محاسبه به شرح زیر است:

$$\% \text{ مس} = \frac{\text{وزن مس}}{\text{وزن کل آلیاژ}} \times 100$$

۱-Oven.

این گونه خطای معین می‌شود.

#### ۱-۴-۱- آزمایش مربوط به خطای شخصی در

تجزیه

مواد لازم

۱- نمک طعام

۲- گوگرد

۳- سدیم کربنات

ابزار لازم

۱- ترازوی دقیق

۲- اسپاتول

۳- شیشه‌ی ساعت یا کاغذ

هدف: پی بردن به خطای شخصی

روش کار: ۲ گرم از یک ترکیب جامد را به وسیله‌ی ترازوی دقیق آزمایشگاه وزن کنید. برای انجام آن یک ورقه‌ی کاغذ روی ترازو قرار داده، آن گاه به کمک اسپاتول ماده‌ی جامد را روی ورقه‌ی کاغذ روی ترازو قرار داده و ۲ گرم از آن را وزن کنید. به علت عدم دقت شما امکان دارد وزن کاغذ نیز در وزن ترکیب جامد مورد نظر منظور شده باشد. اگر وزن کاغذ ۰/۲۵ گرم باشد، شما ۱/۷۵ گرم ترکیب را به جای ۲ گرم وزن کرده‌اید. در این صورت خطای شخصی ۰/۲۵- گرم خواهد بود که خطای مطلق است.

$$۱/۷۵ - ۲ = -۰/۲۵$$

$$\% ۱۲/۵ - = \frac{-۰/۲۵}{۲} \times ۱۰۰ = \frac{\text{خطای مطلق}}{\text{مقدار واقعی}} = \text{خطای نسبی}$$

و خطای نسبی بیش از حد است.

این آزمایش را ۵ بار به شرح زیر و برای هر مورد، توزین را دوبار تکرار کنید و از طریق مقایسه‌ی دوبار توزین خطای شخصی را تعیین کنید.

الف- با وزن کردن ۳g سدیم کلرید

ب- با وزن کردن ۱g سدیم کلرید

ج- با وزن کردن ۰/۵g سدیم کربنات

د- با وزن کردن ۰/۲g سدیم کربنات

ه- با وزن کردن ۰/۱۶g گوگرد



شکل ۲- ۱

#### ۱-۴-۲- آزمایش‌های مربوط به خطای شخصی و دستگامی

خطاهای شخصی، در نتیجه‌ی عدم دقت یا بی احتیاطی و محدودیت‌های فیزیکی شخص آزمایش کننده، حاصل می‌شوند. به عنوان مثال این خطاها ممکن است ناشی از موارد زیر باشد: به کارگیری یک شیوه‌ی نادرست در انتقال نمونه، نادیده گرفتن تصحیحات لازم در دما برای یک ابزار اندازه‌گیری، زیاد یا کم شستن یک رسوب، جابه‌جا نوشتن اعداد هنگام ثبت یک اندازه‌گیری تجربی یا به علت محدودیت فیزیکی شخص مثلاً مبتلا به کوررنگی که مشکلاتی در تشخیص تغییر رنگ‌های حائز اهمیت در تجزیه دارد.

خطاهای دستگامی، مربوط به نقص ابزارهایی است که تجزیه کننده با آن‌ها کار می‌کند یا تأثیر عوامل محیطی بر این ابزارهاست. به عنوان مثال، وسایل وزن‌سنجی مانند ترازو و وسایل حجم‌سنجی نظیر بورت، پی‌پت، استوانه‌ی مدرج و بالن حجم‌سنجی، اغلب به ترتیب، وزن یا حجمی متفاوت از مقداری است که درجه بندی آن‌ها نشان می‌دهد، یا در خود جای می‌دهند. بویژه هنگامی که در دماهای مورد استفاده قرار گیرند، به نحو بارزی از دماهایی که در آن مدرج شده‌اند، متفاوت می‌باشند. روشن است که اندازه‌گیری در دمای مناسب باعث حذف

## تجزیه

### ۲-۴-۱- آزمایش مربوط به خطای دستگاهی در

#### مواد لازم

۱- آب مقطر

۲- نمک طعام

#### ابزار لازم

۱- استوانه‌ی مدرج ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی لیتری

۲- بورت، پایه و گیره‌ی بورت

۳- ترازوی یک کفه‌ای یا دوکفه‌ای

۴- ترازوی دقیق تجزیه‌ای

هدف: آشنایی با خطای دستگاهی در شیمی تجزیه

روش کار: به هر کدام از استوانه‌های مدرج ۲۵، ۵۰ و

۱۰۰ میلی لیتری مقدار ۱۵ میلی لیتر آب مقطر با استفاده از بورت

منتقل نمایید و درجه استوانه‌ها را بخوانید این تفاوت مربوط

به خطای دستگاهی می‌باشد، خطای نسبی را برای هر استوانه محاسبه نمایید.

این آزمایش را ۵ بار و هر بار به ترتیب با ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۲۸ و ۳۲ mL آب مقطر تکرار کنید و خطای نسبی حاصل از هر مرحله را به دست آورید.

در آزمایش دیگر، ۲g نمک طعام را به وسیله‌ی ترازوی یک کفه‌ای یا دوکفه‌ای موجود در آزمایشگاه وزن کنید. سپس این ۲ گرم نمک طعام را بر روی ترازوی دقیق تجزیه‌ای آزمایشگاه قرار داده و وزن آن را به دست آورید. از طریق مقایسه، خطای نسبی دستگاهی مربوط به ترازوی یک کفه‌ای یا دوکفه‌ای را تعیین کنید. این آزمایش را ۳ بار و هر بار با ۱/۵، ۳ و ۱ گرم سدیم کلرید تکرار کرده و در هر مرحله خطای نسبی دستگاهی را به دست آورید.



## تشخیص نوع فلزها (گروه اول و دوم جدول تناوبی) در شعله

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود بعد از انجام آزمایش‌های این فصل بتواند:  
- از روی رنگ شعله، نوع فلز و یون‌های فلزی را در یک ترکیب تشخیص دهد.

### ۱-۲- نورسنجی شعله‌ای<sup>۱</sup>

نورسنجی شعله‌ای، روشی است که با افشاندن محلولی از نمونه به داخل یک شعله‌ی داغ انجام می‌شود. مهم‌ترین موارد کاربرد نورسنجی شعله‌ای در تشخیص سدیم و پتاسیم، مخصوصاً در بافت‌ها و سیالات زیستی بوده است.

### ۲-۲- تشخیص کانی‌ها (ترکیبات یونی) به وسیله‌ی مشاهده‌ی رنگ شعله

پودر برخی از کانی‌ها (ترکیبات معدنی یونی) بویژه آن‌هایی که از ترکیبات قلیایی یا قلیایی خاکی هستند (گروه اول و دوم جدول تناوبی)، شعله را به رنگ‌های مشخصی درمی‌آورند. با توجه به این رنگ‌ها، می‌توانیم عناصر موجود در کانی‌ها را تشخیص دهیم.

### ۳-۲- شناسایی فلزهای قلیایی در یک ترکیب به وسیله‌ی شعله

هدف: شناسایی فلزهای قلیایی از طریق رنگ شعله

مواد لازم

- ۱- نمک جامد لیتیم
- ۲- نمک جامد سدیم
- ۳- نمک جامد پتاسیم

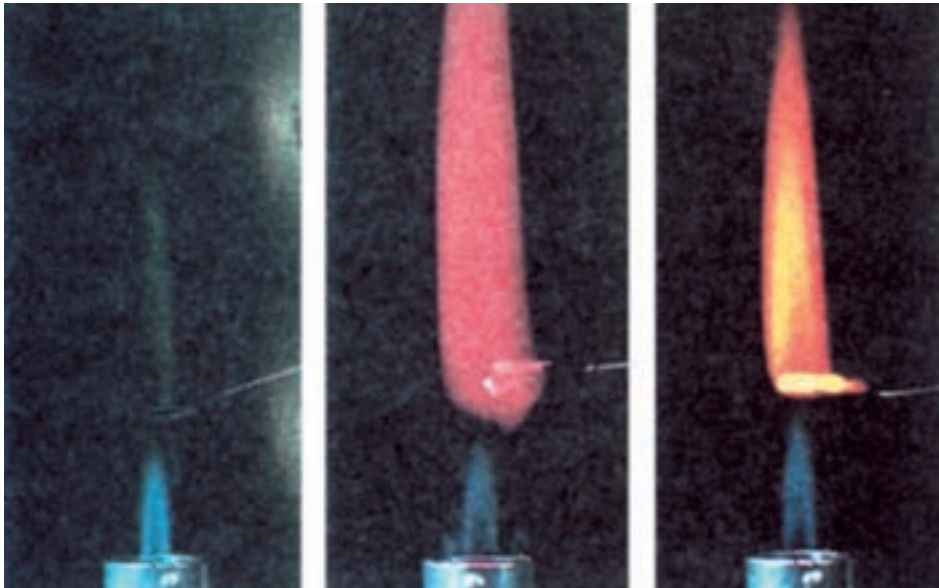
### ۴- محلول HCl غلیظ

ابزار لازم

- ۱- شیشه‌ی ساعت
- ۲- میله‌ی پلاتین
- ۳- چراغ گاز بنسن
- ۴- قطره چکان

روش کار: مقداری (حدود ۵/۰ گرم) از یک نمک جامد لیتیم روی شیشه‌ی ساعت بریزید. یک سیم پلاتینی که انتهای آن به شکل S پیچانده شده است و دارای سطح زیادی می‌باشد، بردارید و به وسیله‌ی قطره چکان چند قطره محلول هیدروکلریک اسید غلیظ در انتهای این سیم بریزید. سپس آن را در نمک لیتیم جامد موجود در روی شیشه‌ی ساعت فرو برید. آن‌گاه انتهای سیم پلاتینی (قسمت S) را در بالای شعله‌ی (منطقه‌ی اکسیدان) چراغ مطابق شکل ۱-۲ قرار دهید و به رنگ شعله توجه نمایید. بر اثر گرما، لیتیم کلرید بخار شده، تجزیه می‌شود و شعله را رنگی می‌کند. این آزمایش را برای ترکیبات سدیم و پتاسیم و سایر ترکیبات فلزهای قلیایی انجام دهید و مشاهدات خود را گزارش نمایید. رنگ حاصل از هر نمک را به دقت در نظر بگیرید این رنگ مربوط به یون فلزی موجود در آن نمک است.





(ب)

(ب)

(الف)

شکل ۱-۲ - شناسایی ترکیبات فلزهای قلیایی خاکی به وسیله شعله الف - کلسیم، ب - استرانسیم و پ - باریم

مورد آزمایش می‌شوند. برای مثال سدیم که دارای رنگ زرد طلایی می‌باشد، باعث پوشاندن رنگ بنفش پتاسیم، رنگ ارغوانی لیتیم، رنگ قرمز استرانسیم و رنگ نارنجی کلسیم می‌شود. این قبیل اشعه‌ی مزاحم را می‌توان به وسیله‌ی صفحات شیشه‌ای رنگی جذب کرد. مانند یک شیشه‌ی آبی کبالت و یک شیشه‌ی سبز کروم که از عبور اشعه‌ی سدیم جلوگیری می‌کند. در صورتی که سایر شعاع‌های نورانی از آن عبور می‌کنند، برای این عمل شیشه‌ی رنگی را بین چشم و شعله نگاه می‌دارند. اگر اثر اشعه‌ی مزاحم زیاد باشد می‌توان دو شیشه‌ی رنگی را روی هم قرار داد.

مهم‌ترین عناصری که رنگ شعله را تغییر می‌دهند، به شرح زیر می‌باشند:

#### شعله‌ی قرمز

ترکیبات لیتیم - قرمز ارغوانی  
 ترکیبات کلسیم - قرمز نارنجی  
 ترکیبات استرانسیم - قرمز آتشی

۴-۲ - شناسایی فلزهای قلیایی خاکی در یک ترکیب به وسیله شعله  
 هدف: شناسایی یک فلز قلیایی خاکی از روی رنگ شعله

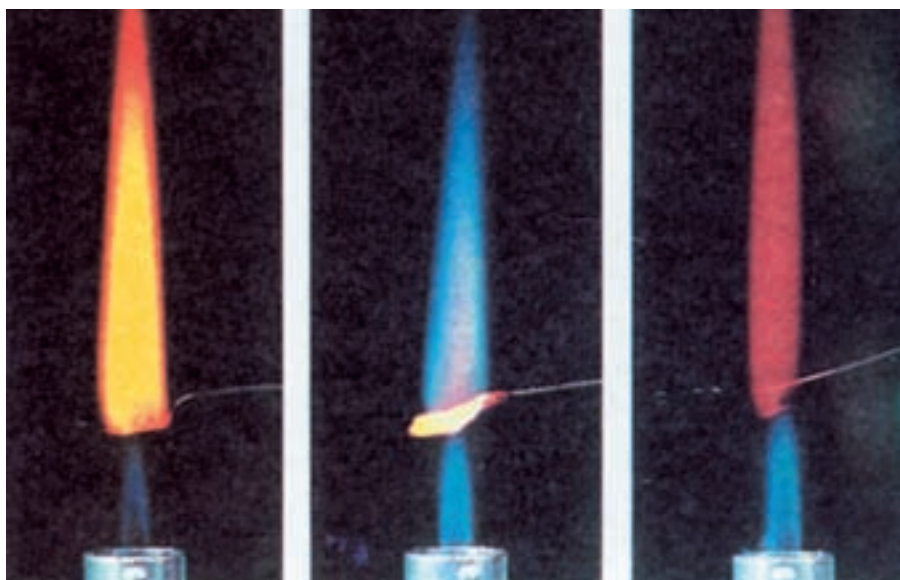
#### مواد لازم

- ۱- نمک جامد کلسیم
  - ۲- نمک جامد استرانسیم
  - ۳- نمک جامد باریم
  - ۴- نمک جامد منیزیم
- ابزار لازم
- ۱- شیشه‌ی ساعت
  - ۲- میله‌ی پلاتین
  - ۳- چراغ گاز بنسن
  - ۴- قطره چکان

روش کار: مانند روش کار ۳-۲ این آزمایش را مطابق

شکل ۲-۲ انجام دهید و مشاهدات خود را گزارش نمایید. برخی از ترکیبات فلزی حتی به مقدار کم اگر با جسم مورد آزمایش مخلوط شده باشند، موجب پوشاندن رنگ فلز





(الف) (ب) (پ)

شکل ۲-۲ - رنگ شعله با ترکیبات الف - سدیم، ب - پتاسیم و پ - لیتیم

ترکیبات روی - سبز مایل به آبی

شعله‌ی بنفش

ترکیبات پتاسیم - بنفش

شعله‌ی آبی

ترکیبات مس - آبی آسمانی (در صورتی که با HCl

ترکیبات مس - سبز زمردی (بدون مرطوب کردن با HCl) مرطوب شود)

ترکیبات آرسنیک - آبی کمرنگ

ترکیبات بور - سبز روشن (با استفاده از  $H_2SO_4$ )

ترکیبات سرب - آبی کمرنگ (کبود)

ترکیبات تلور - سبز مایل به آبی کمرنگ

ترکیبات آنتیموان - سبز مایل به آبی کمرنگ

شعله‌ی زرد

ترکیبات سدیم - زرد پررنگ

شعله‌ی سبز

ترکیبات باریم - سبز مایل به زرد

ترکیبات مولیبدن - سبز مایل به زرد

### پرسش و تمرین

۱- چگونه می‌توان مخلوطی از نمک‌های سدیم و پتاسیم را به وسیله‌ی آزمایش شعله شناسایی کرد؟ توضیح دهید.

۲- اگر آب شیر فقط دارای املاح محلول سدیم و کلسیم باشد، چگونه می‌توان یون‌های  $Ca^{2+}$  و  $Na^{+}$  موجود در این آب را شناسایی کرد؟ توضیح دهید.



## شناسایی برخی از کاتیون‌ها و آنیون‌های مشهور به کمک شناساگر مناسب

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود، بعد از انجام آزمایش‌های این فصل بتواند:

- ۱- کاتیون‌ها و آنیون‌های مشهور را شناسایی نماید.
- ۲- کاتیون‌ها و آنیون‌ها را در نمونه‌ی مجهول شناسایی کند.

### ۱-۳- تجزیه‌ی کیفی<sup>۱</sup>

در این روش کاتیون‌ها و آنیون‌ها از نظر خواص مشترکی که بین خود دارند به چند گروه تقسیم می‌شوند. که تجزیه‌ی کیفی شامل تجزیه‌ی گروهی براساس خاصیت مشترک آن گروه و شناسایی تک تک یون‌ها براساس خاصیت شیمیایی هر یک از آن‌هاست. در این کتاب به شناسایی کاتیون‌های گروه I و چند آنیون مشهور اکتفا می‌کنیم و تحقیق بیش‌تر در مورد گروه‌های دیگر را به عهده‌ی هنرجویان علاقه‌مند می‌گذاریم.

در اینجا دو هدف داریم: نخست اینکه نشان دهیم، چگونه با استفاده از خواص یون‌های مثبت و منفی می‌توانیم به وجود آن‌ها در محلول بی‌بریم. دوم اینکه بعضی از واکنش‌های مطرح شده در فصل‌های قبل را مرور کنیم و آن‌ها را به کار بندیم. به‌عنوان مثال واکنش‌های مربوط به ثابت حاصل ضرب حلالیت و ...

مطالعه‌ی این واکنش‌ها شما را با برخی از واکنشگرهای شیمیایی متداول و خواص آن‌ها آشنا می‌کند.

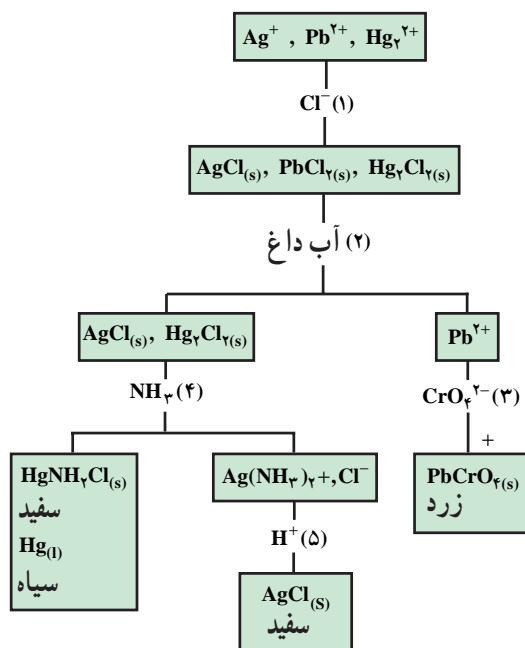
### ۲-۳- شناسایی کاتیون‌های گروه I (گروه نقره)

همان‌طور که می‌دانید، کاتیون‌های این گروه از مجهول عمومی با افزایش محلول HCl جدا می‌شوند. این یون‌ها به صورت کلریدهای  $AgCl$ ،  $PbCl_2$  و  $Hg_2Cl_2$  رسوب می‌کنند. آن‌گاه بر روی این رسوب باید واکنش انجام داد تا کاتیون‌های آن از یکدیگر جدا و شناسایی شوند.

تاکنون با برخی از روش‌های متداول تجزیه‌ی کمی آشنا شده‌اید. در تجزیه‌ی کمی در صدد یافتن مقدار یک جسم معین در یک نمونه بودیم. آنچه که در تجزیه‌ی کمی مطرح بود، تعیین مقدار یا غلظت یک جسم در یک نمونه بود.

در تجزیه‌ی کیفی مسأله کاملاً تفاوت دارد. در اینجا می‌خواهید اجزای تشکیل‌دهنده‌ی نمونه را بشناسید. اگر شما با یک ماده‌ی خالص سر و کار داشته باشید، کار بسیار آسان است تنها کاری که باید انجام دهید، شناسایی آن ماده است. در تجزیه‌ی کیفی، اغلب بر روی یک مخلوط کار می‌کنند. در این صورت، همه‌ی اجزای مخلوط را باید جدا و شناسایی کرد. در فصل قبل یکی از روش‌های تجزیه‌ی کیفی (نورسنجی شعله‌ای) مورد بحث قرار گرفت.

در این فصل، روش کار تجزیه‌ی کیفی را در محلول‌های آبی دارای یون‌های مثبت (کاتیون‌ها) و یون‌های منفی (آنیون‌ها) بررسی خواهیم کرد. این نوع تجزیه در یک آزمایشگاه صنعتی، مثلاً در یک کارخانه‌ی صنایع شیمیایی با بررسی خواص فیزیکی این یون‌ها از طریق یک دستگاه انجام می‌شود که در دوره‌ی کاردانی یا کارشناسی با این گونه دستگاه‌ها آشنا خواهید شد. اما، در این دوره از درس شیمی تجزیه و در این فصل، بر روی روشی تأکید خواهیم کرد، که به خواص شیمیایی یون‌ها بستگی دارد.



شکل ۱-۳- نگاره‌ی جریان تجزیه‌ی یون‌های مثبت گروه I

محلول  $Cl^-$  ۱M<sup>۰</sup> بریزید. سپس ۷ تا ۸ قطره محلول ۱/۰<sup>۰</sup> مولار  $AgNO_3$  اضافه کنید. تشکیل رسوب سفید  $AgCl$  حضور آنیون  $Cl^-$  را اعلام می‌کند. این آزمایش را برای وجود یون  $Cl^-$  در آب شیر آزمایشگاه انجام دهید. جامد تشکیل شده کمی در محلول رقیق نیتریک اسید حل می‌شود ولی به طور کامل در محلول ۶M  $NH_3$  حل می‌شود. آزمایش کنید و معادلات واکنش‌ها را بنویسید.

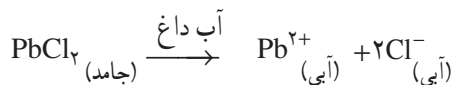
## ۲- شناسایی آنیون $Br^-$

روش کار: ۱۰ قطره از محلول ۱/۱M  $Br^-$  را در یک لوله‌ی آزمایش بریزید و با ۴ قطره محلول ۳M  $HNO_3$  محلول را اسیدی نمایید. سپس ۵ تا ۶ قطره محلول ۱/۱M  $AgNO_3$  اضافه کنید و به رنگ رسوب تشکیل شده نگاه کنید. اگر رسوبی تشکیل نشود، یون  $Br^-$  وجود ندارد اگر رسوب زرد  $AgBr$  تشکیل شد، وجود یون  $Br^-$  اثبات می‌شود. این رسوب کمی در محلول  $HNO_3$  و کمی در محلول  $NH_3$  حل می‌شود. معادلات واکنش‌ها را بنویسید.

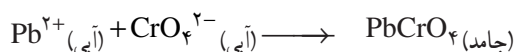
## ۳- شناسایی آنیون $I^-$

روش کار: برای شناسایی آنیون  $I^-$  مانند دستور کار شناسایی  $Br^-$  عمل کنید. رسوب زرد کمرنگ  $AgI$  که در

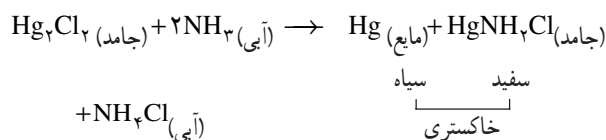
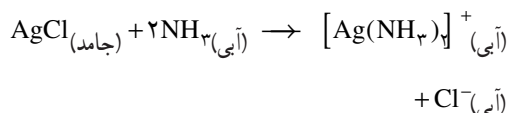
نخستین مرحله، گرم کردن رسوب با آب داغ است. تنها  $PbCl_2$  در آب داغ محلول است.



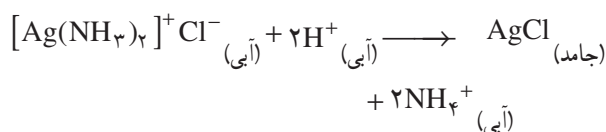
به این ترتیب کاتیون  $Pb^{2+}$  از دو کاتیون دیگر جدا شده وارد محلول می‌شود. به محلول داغ یون کرومات،  $CrO_4^{2-}$  اضافه می‌کنیم. تشکیل رسوب زرد  $PbCrO_4$  حضور یون‌های  $Pb^{2+}$  را تأیید می‌کند.



حالا رسوب دارای کلریدهای  $AgCl$  و  $Hg_2Cl_2$  می‌باشد. رسوب را تحت اثر محلول ۶M  $NH_3$  قرار می‌دهیم، رسوب  $AgCl$  با تشکیل کمپلکس در آمونیاک حل می‌شود. اما رسوب  $Hg_2Cl_2$  در  $NH_3$  دو ماده‌ی نامحلول تشکیل می‌دهد، یکی  $Hg$  و دیگری  $HgNH_2Cl$ .



برای پی بردن به حضور کاتیون  $Ag^+$  به محلول کمپلکس اسید اضافه می‌کنیم. در این صورت یون کمپلکس می‌شکند و مجدداً  $AgCl$  رسوب می‌کند.



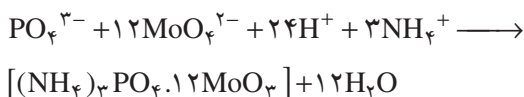
به نگاره‌ی جریان تجزیه‌ی کیفی کاتیون‌های گروه I در شکل ۱-۳ توجه نمایید.

## ۳-۳- شناسایی آنیون‌ها (یون‌های منفی)

### ۱- شناسایی آنیون $Cl^-$

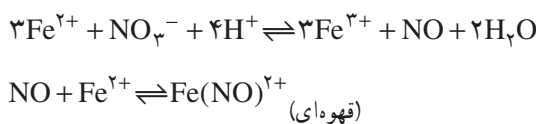
روش کار: در یک لوله‌ی آزمایش ۱/۴ mL (۱۰ قطره)

اسیدی کنید. ۳ تا ۴ قطره محلول آمونیوم مولیبدات اضافه نمایید. خوب هم بزنید اگر لازم باشد برای مدت ۲ دقیقه در یک بن ماری حرارت دهید. تشکیل رسوب زرد آمونیم فسفومولیبدات وجود یون فسفات را اثبات می کند.



#### ۸- شناسایی آنیون نیترات، $\text{NO}_3^-$

روش کار: در یک لوله‌ی آزمایش ۵ قطره محلول  $\text{NO}_3^-$  ۰/۱M بریزید، سپس ۱۰ قطره محلول  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ۱۸M به آن اضافه کنید. کاملاً هم بزنید و لوله‌ی آزمایش را سرد کنید. به دقت ۶ تا ۸ قطره محلول (تازه تهیه شده)  $\text{FeSO}_4$  ۰/۱M بیفزایید. بگذارید که محلول  $\text{Fe}^{3+}$  در بالای محلول اسیدی شناور گردد. مدت ۱ تا ۲ دقیقه بماند. رنگ قهوه‌ای که در ناحیه‌ی ارتباط دو لایه تشکیل می‌شود، به دلیل تشکیل یون کمپلکس آهن (II) نیتروزیل به فرمول  $\text{Fe}(\text{NO})^{2+}$  وجود یون نیترات را ثابت می کند.



#### ۴-۳- شناسایی چند کاتیون و آنیون مجهول

##### مواد لازم

- ۱- محلول‌های مجهول با یک، دو یا سه کاتیون
- ۲- محلول‌های مجهول با یک یا دو آنیون
- ۳- شناساگرهای اسید - باز

##### ابزار لازم

- ۱- لوله‌ی آزمایش معمولی
- ۲- لوله‌ی سانتیفریژ
- ۳- دستگاه سانتیفریژ
- ۴- بن ماری
- ۵- قطره چکان

نیتریک اسید و آمونیاک نامحلول است تشکیل می‌شود. آزمایش کنید و معادله‌ی واکنش را بنویسید.

#### ۴- شناسایی آنیون سولفات، $\text{SO}_4^{2-}$

روش کار: در یک لوله‌ی آزمایش کمی از  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  جامد را در ۱mL آب مقطر حل کنید یا ۱/۲ mL محلول  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ۰/۱M در یک لوله‌ی آزمایش بریزید. سپس ۱۰ قطره محلول  $\text{Ba}^{2+}$  ۰/۱M اضافه کنید. رسوب سفید  $\text{BaSO}_4$  که تشکیل می‌شود، وجود آنیون  $\text{SO}_4^{2-}$  را اثبات می‌کند. این رسوب بسیار کم در محلول رقیق  $\text{HNO}_3$  حل می‌شود. معادلات واکنش‌ها را بنویسید.

#### ۵- شناسایی آنیون سولفیت، $\text{SO}_3^{2-}$

روش کار: مانند روش کار ۴، ۱/۲ mL محلول  $\text{SO}_3^{2-}$  ۰/۱M در یک لوله‌ی آزمایش بریزید. سپس ۱۰ قطره محلول  $\text{Ba}^{2+}$  ۰/۱M بیفزایید. رسوب سفید  $\text{BaSO}_3$  که تشکیل می‌شود به آن ۵ قطره محلول  $\text{HNO}_3$  ۳M اضافه کنید و کاغذ آغشته به محلول پتاسیم پرمنگنات را بالای آن بگیرید. بی‌رنگ شدن کاغذ بنفش آغشته به محلول پتاسیم پرمنگنات حضور  $\text{SO}_3^{2-}$  را اعلام می‌نماید و وجود  $\text{SO}_3^{2-}$  حضور یون سولفیت،  $\text{SO}_3^{2-}$  را اثبات می‌کند. معادلات واکنش‌ها را بنویسید.

#### ۶- شناسایی آنیون کربنات، $\text{CO}_3^{2-}$

روش کار: در یک لوله‌ی آزمایش ۱/۲ mL محلول  $\text{CO}_3^{2-}$  ۰/۱M بریزید. سپس ۱۰ قطره محلول  $\text{Ba}^{2+}$  ۰/۱M اضافه کنید. تشکیل رسوب سفید  $\text{BaCO}_3$  وجود آنیون  $\text{CO}_3^{2-}$  را اثبات می‌کند. به رسوب درون لوله‌ی آزمایش ۵ قطره محلول  $\text{HNO}_3$  ۳M بیفزایید و فوری گاز  $\text{CO}_2$  حاصل را به درون لوله‌ی آزمایش دارای محلول  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  هدایت کنید. تشکیل رسوب سفید کلسیم کربنات وجود گاز  $\text{CO}_2$  را تأیید می‌کند و حضور گاز  $\text{CO}_2$  وجود یون کربنات را در محلول اولیه اثبات می‌کند. معادلات واکنش‌ها را بنویسید.

#### ۷- شناسایی آنیون فسفات، $\text{PO}_4^{3-}$

روش کار: ۱/۲ mL محلول ۰/۱ مولار یون فسفات را در یک لوله‌ی آزمایش بریزید. با ۴ قطره محلول  $\text{HNO}_3$  ۳M



شکل ۲-۳

روش کار: محلول مجهولی در اختیار شما قرار می‌گیرد، کاتیون‌ها و آنیون‌های آن را با توجه به روش کار داده شده شناسایی کنید. در هر مرحله برای جدا کردن رسوب از بقیه‌ی محلول، می‌توانید از دستگاه سانتریفوژ استفاده کنید.

### پرسش و تمرین

- ۱- برنج آلیاژی است از مس و روی، اگر آن را در نیتریک اسید گرم کنیم حل می‌شود. انتظار دارید که در محلول به دست آمده چه یون‌هایی موجود باشد؟
- ۲- معادلات موازنه شده‌ی واکنش‌های زیر را بنویسید.



- ۳- رسوبی از گروه I در آب داغ کاملاً محلول است. کدام یون‌ها در محلول وجود دارد؟ کدام یون‌ها در محلول وجود ندارد؟
- ۴- چگونه می‌توان  $\text{Cl}^-$  را از  $\text{I}^-$  تشخیص داد؟ معادلات واکنش‌ها را بنویسید.
- ۵- خاصیت مشترک کاتیون‌های گروه I چیست؟
- ۶- بیان کنید هریک از جداسازی‌های زیر بر چه اساسی قرار دارد؟  
الف) جدا کردن یون‌های  $\text{Pb}^{2+}$  از یون‌های نقره و جیوه (I)  
ب) جدا کردن یون‌های نقره از یون‌های جیوه (I)
- ۷- از مقایسه  $K_{sp}$  نمک‌های  $\text{AgCl}$  و  $\text{AgI}$  چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

## فعالیت

در مورد گروه‌های دیگر یون‌ها تحقیق کنید. سپس به سؤالات زیر پاسخ دهید:

۱- هرگاه محلول آمونیاک به محلول  $Mg^{2+}$  اضافه شود، رسوب تشکیل خواهد شد. الف) فرمول آن رسوب را بنویسید.

ب) یون‌های منفی از کجا به دست می‌آیند؟

۲- برای تشخیص یون  $NH_4^+$  چه آزمایشی باید انجام داد؟

۳- ترکیبات زیر را چگونه تشخیص می‌دهید؟

الف)  $Al(OH)_3$  ،  $AlCl_3$

ب)  $Zn(OH)_2$  ،  $Al(OH)_3$

ج)  $ZnCl_2$  ،  $MgCl_2$

د)  $Cu(OH)_2$  ،  $CuS$

۴- چگونه می‌توان مخلوط  $MgCl_2$  و  $CaCl_2$  را از یکدیگر جدا نمود؟ معادلات واکنش‌ها را بنویسید.