



واحد قوچان

دستور کار

آزمایشگاه شیمی تجزیه ۶

تهیه و تنظیم:

محمد رضا عابدی



## مقدمه

شیمی تجزیه یکی از شاخه‌های مهم و کاربردی شیمی است که در هر پروژه صنعتی و تحقیقاتی از آن استفاده می‌شود. در این علم با تشخیص<sup>۱</sup>، جداسازی<sup>۲</sup>، و تعیین<sup>۳</sup> یک یا چند گونه شیمیایی در یک جسم سر و کار پیدا می‌شود. به عنوان مثال، منظور از تجزیه شیمیایی یک ماده معدنی، آلیاژ، دارو و ... این است که اجزای تشکیل دهنده آن شناسایی شوند این اجزا از یکدیگر جدا شوند و مقدار هر یک از اجزا تعیین گردد.

---

<sup>۱</sup>Detection

<sup>۲</sup>separation

<sup>۳</sup>determination



### آنچه باید قبل از ورود به آزمایشگاه بدانید

- ۱- سر ساعت مقرر باید به آزمایشگاه وارد شوید و چون برای هر جلسه آزمایش وقت لازم (۴ ساعت) در نظر گرفته شده است، سعی کنید در پایان وقت هر جلسه آزمایشها تمام شوند.
- ۲- پوشیدن روپوش سفید و رعایت نکات ایمنی با توجه به آزمایش مورد نظر الزامی است.
- ۳- در ابتدای شروع هر آزمایش یک امتحان کتبی به مدت کوتاهی از آزمایشهای آن جلسه و تئوری و روش کار به عمل می آید. لذا عدم شرکت در این امتحان و به عبارت دیگر غیبت در جلسه آزمایشگاه به منزله نمره صفر می باشد.
- ۴- در تمام مدت آزمایش از حرف زدن یا شوخی جداً خودداری شود. در ضمن به دوستان خود بسپارید که وقتی مشغول آزمایش هستید به سراغ شما نیایند، زیرا علاوه بر اتلاف وقت شما نظم آزمایشگاه نیز مختل می گردد.
- ۵- رعایت نظافت در آزمایشگاه در حین کار الزامی است. بنابر این از ریختن کاغذ پاره و سایر اشیا بر روی میز و زمین خودداری شود و در موقع ترک آزمایشگاه باید میز خود را کاملاً تمیز کرده و وسایل و شیشه های محتوی مواد سر جای خود قرار داده شوند. نظم در آزمایشگاه هم باعث راحتی خود شما می شود و هم باعث راحتی مربی شما می شود که در هر صورت به نفع شما خواهد بود.
- ۶- تمام مسائل و اشکالات مربوط به کار خود را با مربی آزمایشگاه در میان گذاشته و هرگز بدون اجازه ایشان از آزمایشگاه خارج نشوید و یا کار اضافی دیگری انجام ندهید.
- ۷- از مواد شیمیایی به اندازه مورد احتیاج بردارید و هیچگاه باقیمانده مواد شیمیایی استفاده شده را به ظرف اصلی باز نگردانید.
- ۸- دانشجویان بصورت گروه سه نفری کار می کنند، ولی گزارش هر آزمایش باید بصورت تکی انجام شود.
- ۹- نمره آزمایشگاه مجموعه ای با درصدهای مختلف از نمره کتبی هر جلسه، نمره امتحان کتبی آخر ترم، گزارش نتایج نمونه مجهول، طرز کار کردن، چگونگی رفتار در آزمایشگاه و بالاخره نظم و رعایت نکات ایمنی است.



### نکات ایمنی که باید در آزمایشگاه رعایت گردد

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

- ۱- در آزمایشگاه برای محافظت لباسهای خود از مواد شیمیایی در موقع کار همیشه روپوش سفید آزمایشگاه را به تن داشته باشید.
- ۲- هر ماده شیمیایی باید سمی تلقی شود، مگر اینکه کاملاً معلوم شود که سمی نیست. بنابراین این در کاربرد موادی که در هر آزمایش با آنها سروکار دارید باید نهایت دقت را به کار ببرید. از تماس مستقیم با پوست و از تنفس بخار مواد شیمیایی و چشیدن آنها خودداری کنید.
- ۳- قبل از استفاده از مواد شیمیایی، برچسب روی آنها را به دقت بخوانید. سهل انگاری در این مورد گاهی ممکن است فاجعه به بار آورد.
- ۴- هرگاه می‌خواهید بوی محلولی را تشخیص دهید از تنفس مستقیم بخارات مزبور خودداری کنید، بلکه در فاصله معین بخارات را با دست به طرف خود هدایت کرده و سپس استنشام کنید.
- ۵- آزمایشهایی که تولید مواد و یا بخارات و گازهای سمی می‌نمایند، باید در زیر هود انجام شود. این عمل باعث جلوگیری از پخش گاز و سموم در آزمایشگاه می‌شود.
- ۶- جهت رقیق کردن اسیدهای غلیظ، هیچگاه آب به داخل اسید نریزید. زیرا حرارتی که از مخلوط کردن آب و اسید ایجاد می‌شود، باعث شکستن ظرف و یا پاشیدن اسید به خارج می‌گردد. برای رقیق کردن اسیدها همیشه اسید را قطره قطره روی آب اضافه کنید و محلول را مرتباً به هم بزنید.
- ۷- از روشن کردن چراغ بونزن یا چراغ الکلی در مجاورت مواد نفتی، بنزن، حلالهای آزمایشگاهی و سایر مواد آتشگیر احتراز کنید.
- ۸- کلیه حوادثی را که اتفاق می‌افتد فوراً به مربی آزمایشگاه، حتی اگر جزئی هم باشد، گزارش دهید.

**مسائل مربوط به محلول سازی:****نکته: مسائل زیر را فقط از روش قطعی (ضرب و تقسیمهای متوالی) حل کنید.**

- ۱- اسید کلریدریک غلیظ آزمایشگاه ۳۶٪ است و دانسیته آن  $1/18 \text{ g/ml}$  است، نرمالیه، مولاریته و مولالیه آن را به دست آورید.
- ۲- طرز تهیه ۱۰۰ میلی‌لیتر از محلولهای زیر را بنویسید.
  - الف) محلول  $0/25 \text{ N } K_2Cr_2O_7$  در صورتی که محصول واکنش  $Cr^{3+}$  باشد، از ماده جامد با خلوص ۹۶٪.
  - ب) محلول  $0/2 \text{ N } H_3PO_4$  در صورتی که محصول واکنش  $HPO_4^{2-}$  باشد، از محلول ۸۵٪ و دارای دانسیته  $1/17 \text{ gr/ml}$ .
  - ج) محلول  $0/02 \text{ N } KI$  در صورتی که محصول واکنش  $I_2$  باشد، از ماده جامد با خلوص ۹۷٪.
  - د) محلول  $0/02 \text{ N } KI$  در صورتی که محصول واکنش  $AgI$  باشد، از ماده جامد با خلوص ۹۸٪.
- ۳- طرز تهیه ۲۵۰ میلی‌لیتر از  $NH_3$ ،  $6/0$  مولار را از محلول غلیظ آن شرح دهید. بر چسب روی بطری آمونیاک تجارتي مشخص می‌کند که وزن مخصوص آن  $0/9$  و درصد وزنی آن ۲۷٪ است.
- ۴- طرز تهیه محلولهای زیر را شرح دهید:
  - الف) ۷۵۰ میلی‌لیتر محلول  $0/0150 \text{ M } K_4Fe(CN)_6$  از نمک جامد  $K_4Fe(CN)_6$  با خلوص ۹۸٪.
  - ب) ۳۰۰ میلی‌لیتر محلول  $0/0150 \text{ M } K^+$  از نمک جامد  $K_4Fe(CN)_6$  با خلوص ۹۸٪.
  - ج) ۵/۰۰ لیتر محلول  $0/0150 \text{ M } K^+$  از یک محلول  $0/700 \text{ F } K_2SO_4$ .
  - د) ۱۶/۰ لیتر محلول  $0/0200 \text{ F } BaCl_2$  از نمک خالص  $BaCl_2 \cdot 2H_2O$  با خلوص ۹۸٪.
- ۵- محلولی را با حل کردن دقیقاً  $2/42$  گرم از  $MgCl_2$  در آب و رقیق نمودن تا ۲/۰۰ لیتر، تهیه کرده‌اند. محاسبه کنید:
  - الف) غلظت فرمال  $MgCl_2$  را.
  - ب) غلظت مولار  $Cl^-$  را.
  - ج) درصد وزنی - حجمی  $MgCl_2$  را.



واحد قوچان

د) درصد وزنی - وزنی  $MgCl_2$  را در صورتی که دانسیته محلول  $1/0.1$  گرم بر میلی لیتر باشد. (ه) تعداد میلی مولهای  $Mg^{2+}$  را در  $25/0$  میلی لیتر از محلول.

۶- غلظت متوسط سیلیس ( $SiO_2$ ) در رودخانه های دنیا  $15ppm$  است. با فرض آنکه دانسیته آب  $1/0.0$  گرم بر میلی لیتر است، غلظت فرمال سیلیس را محاسبه کنید.

۷- طرز تهیه محلولهای زیر را شرح دهید:  
الف)  $200$  میلی لیتر از محلول آبی  $10\%$  (وزنی-حجمی) گلوکوز.  
ب)  $200$  گرم از محلول آبی  $10\%$  (وزنی) گلوکوز.  
ج)  $200$  میلی لیتر از محلول آبی  $10\%$  (حجمی) اتانول.

۸- طرز تهیه محلولهای زیر را شرح دهید:  
الف)  $525$  میلی لیتر محلول  $0.400M BaCl_2$  از نمونه جامد  $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ، با خلوص  $98\%$ .  
ب)  $2/30$  لیتر محلول  $0.200M K^+$  از نمونه جامد  $K_2SO_4$ ، با خلوص  $98\%$ .  
ج)  $100$  میلی لیتر محلول  $0.100M AgNO_3$  از محلولی که دارای غلظت  $0.441M$  از همان نمک می باشد.

د)  $500$  میلی لیتر محلول  $0.100 KMnO_4$  (وزنی-حجمی) از یک محلول  $0.21M KMnO_4$ .  
ه)  $3/00$  لیتر محلول محتوی  $50ppm$  از  $K^+$ ، از یک محلول  $2/00 \times 10^{-3}M K_2SO_4$ .

۹- هیدروکلریک اسید غلیظ دارای سنگینی ویژه  $1/185$  و  $26/5\%$  (وزنی)  $HCl$  می باشد.  
الف) چند میلی لیتر گاز  $HCl$  (در شرایط متعارفی S.T.P) در  $1/00$  لیتر واکنشگر غلیظ وجود دارد؟  
ب) چگونگی تهیه  $1/50$  لیتر  $HCl$  تقریباً  $0.30M$  را از واکنشگر غلیظ شرح دهید.

۱۰-  $50ml$  محلول  $10\%$  (وزنی-حجمی) از  $K_4\{Fe(CN)_6\}$  نسبت به  $k^+$  چند ppm است؟

۱۱-  $20cc$  از محلول  $0.2M FeCl_3 \cdot 6H_2O$  چند ppm نسبت به یون کلر است؟

**عناوین مطالب پتانسیومتری و pH متری:**

- ۱) اساس روش پتانسیل سنجی
- ۲) الکتروود مرجع (ساختار و اجزاء)
  - ۲-الف) الکتروود هیدروژن و SHE
  - ۲-ب) الکتروود کالومل و SCE
  - ۲-ج) الکتروود نقره - نقره کلرید
- ۳) الکتروودهای شاخص (ساختار و ترکیباتی که به آنها پاسخ میدهد)
  - ۳-الف) الکتروودهای شاخص فلزی
    - ۳-الف-۱) الکتروود مرتبه یک
    - ۳-الف-۲) الکتروود مرتبه دو
    - ۳-الف-۳) الکتروود مرتبه سه
  - ۳-الف-۴) الکتروود اکسا کاهش (ردوکس)
- ۳-ب) الکتروودهای شاخص غشایی (الکتروودهای یون گزین)
  - ۳-ب-۱) الکتروودهای شیشه‌ای
  - ۳-ب-۲) الکتروودهای مایع غشایی
  - ۳-ب-۳) الکتروودهای حالت جامد یا رسوبی
  - ۳-ب-۴) الکتروودهای غشایی حساس به گاز
  - ۳-ب-۵) الکتروود آنزیمی
- ۴) انواع اندازه گیریهای پتانسیل سنجی
  - ۴-الف) پتانسیل سنجی مستقیم
  - ۴-ب) تیتراسیون پتانسیل سنجی
- ۵) اندازه گیری pH
- ۶) الکتروود شیشه ای
- ۷) ترکیب و ساختمان غشای شیشه
- ۸) پتانسیل الکتروود شیشه
  - ۸-الف) پتانسیل‌های غشایی
  - ۸-ب) پتانسیل مرزی
  - ۸-ج) پتانسیل نامتقارن
- ۹) کالیبره کردن با استفاده از بافرها
- ۱۰) خطاهایی که در اندازه‌گیری pH با الکتروود شیشه‌ای موجودند
- ۱۱) روشهای تعیین نقطه پایانی در تیتراسیونهای پتانسیل سنجی



- ۱۱-الف) روش دوبخشی
- ۱۱-ب) روش ساختمانی
- ۱۱-ج) روش کشیدن دایره
- ۱۱-د) روش مماسی با استفاده از مماسهای موازی
- ۱۱-ه) روش مشتقی
- ۱۲) مزایا و معایب پتانسیومتری
- ۱۲-الف) پتانسیل سنجی مستقیم
- ۱۲-ب) تیتراسیون پتانسیل سنجی
- ۱۳) مزایا و معایب pHمتری
- ۱۳-الف) pHمتری مستقیم
- ۱۳-ب) تیتراسیون pHمتری

#### چند نکته در مورد تیتراسیونهای حجم سنجی

- ۱۴) استانداردهای اولیه
- ۱۵) شرایط استانداردهای اولیه
- ۱۶) استانداردهای اولیه برای اسیدها و بازها
- ۱۷) استانداردهای ثانویه



**pH متری****آزمایش شماره ۱: بدست آوردن  $K_a$  برای اسید استیک**

- (۱) ۲۵۰ میلی لیتر محلول هیدروکسید سدیم ۰/۱N تهیه کنید.
- (۲) هیدروکسید سدیم تهیه شده را داخل بورت ریخته و با استفاده از پتاسیم هیدروژن فتالات در حضور معرف فنل فتالین به طریق تیتراسیون حجمی استاندارد کنید.
- (۳) ۲۵ میلی لیتر از نمونه مجهول را برداشته و داخل یک بشر ۲۵۰ میلی لیتری بریزید. سپس با افزودن آب مقطر حجم محلول را به حدود ۱۵۰ میلی لیتر برسانید.
- (۴) pH متر را به کمک بافرهای ۴ و ۷ کالیبره کنید.
- (۵) یک مگنت را در بشر قرار داده و الکتروود را داخل محلول قرار دهید. سپس تیتراسیون را (توسط هیدروکسید سدیم استاندارد شده) تا حدود ۵ میلی لیتر بعد از نقطه اکی والان ادامه دهید.

**گزارش نتیجه:**

- (۱) منحنی تیتراسیون pH را بر حسب حجم هیدروکسید سدیم مصرفی رسم کرده و از روی آن غلظت اسید مجهول را محاسبه کنید.
- (۲)  $K_a$  را (با استفاده از معادله هندرسون) در نقطه نیمه راه خنثی شدن و در نقاط دیگری مثل یک سوم و دو سوم نقطه خنثی شدن مشخص کرده و معدل آنها را گزارش کنید.



## pH متری

### آزمایش شماره ۲: تعیین جرم ملکولی یک اسید مجهول چند ظرفیتی

- (۱) ۲۵۰ میلی لیتر محلول هیدروکسید سدیم ۰/۱N تهیه کنید.
- (۲) هیدروکسید سدیم تهیه شده را داخل بورت ریخته و با استفاده از پتاسیم هیدروژن فتالات در حضور معرف فنل فتالئین به طریق تیتراسیون حجمی استاندارد کنید.
- (۳) حدود نیم گرم از یک اسید مجهول چند ظرفیتی را برداشته و دقیقاً وزن کنید.
- (۴) اسید توزین شده را در آب مقطر حل نموده و به حجم ۱۰۰ میلی لیتر برسانید.
- (۵) ۲۵ میلی لیتر از این محلول را داخل یک بشر ۲۵۰ میلی لیتری بریزید. سپس با افزودن آب مقطر حجم محلول را به حدود ۱۵۰ میلی لیتر برسانید.
- (۶) یک مگنت را در بشر قرار داده و الکتروود را داخل محلول قرار دهید. سپس تیتراسیون را (توسط هیدروکسید سدیم استاندارد شده) تا حدود ۵ میلی لیتر بعد از نقطه اکی والان ادامه دهید.

### گزارش نتیجه:

- (۱) منحنی تیتراسیون pH را بر حسب حجم هیدروکسید سدیم مصرفی رسم کنید.
- (۲) منحنی تیتراسیون  $\Delta\text{pH}/\Delta V$  را بر حسب حجم متوسط رسم کنید.
- (۳) با توجه به منحنی، جرم ملکولی اسید را مشخص کنید.



## pH متری

### آزمایش شماره ۳: تعیین درصد مخلوط کربنات و بی‌کربنات سدیم

- (۱) ۱۰۰ میلی لیتر محلول اسید کلریدریک ۰/۱N تهیه کنید.
- (۲) اسید تهیه شده را داخل بورت ریخته و با استفاده از NaOH استاندارد در حضور معرف فنل فتالئین به طریق تیتراسیون حجمی استاندارد کنید.
- (۳) حدود نیم گرم از مخلوط کربنات و بی‌کربنات سدیم را برداشته و دقیقاً وزن کنید.
- (۴) مخلوط توزین شده را در آب مقطر حل نموده و به حجم ۱۰۰ میلی لیتر برسانید.
- (۵) ۲۵ میلی لیتر از این محلول را داخل یک بشر ۲۵۰ میلی لیتری بریزید. سپس با افزودن آب مقطر حجم محلول را به حدود ۱۵۰ میلی لیتر برسانید.
- (۶) یک مگنت را در بشر قرار داده و الکتروود را داخل محلول قرار دهید. سپس تیتراسیون را (توسط اسید کلریدریک استاندارد شده) تا حدود ۵ میلی لیتر بعد از نقطه اکی والان ادامه دهید.

### گزارش نتیجه:

- (۱) منحنی تیتراسیون pH را بر حسب حجم اسید مصرفی رسم کنید.
- (۲) منحنی تیتراسیون  $\Delta pH/\Delta V$  را بر حسب حجم متوسط رسم کنید.
- (۳) با توجه به منحنی، درصد کربنات و بی‌کربنات سدیم را در نمونه حساب کنید.
- (۴) مزایا و معایب روش pH متری را مورد بررسی قرار دهید

**پتانسیومتری****آزمایش شماره ۱: تعیین مقدار یون  $Ag^+$  بروش پتانسیومتری مستقیم****طرز کار I: استاندارد کردن  $AgNO_3$  توسط  $NaCl$** 

- (۱) ۱۰۰ میلی لیتر محلول کلرید سدیم ۰/۱M تهیه کنید.
- (۲) ۱۰۰ میلی لیتر محلول نیترات نقره ۰/۱M تهیه کنید.
- (۳) ۱۰ میلی لیتر از محلول کلرید سدیم را برداشته، بداخل ارلن بریزید. سپس به آن حدود ۱۰ قطره محلول معرف کرومات پتاسیم اضافه کنید.
- (۴) بورت را با نیترات نقره پر کرده و تیتراسیون را تا ظهور رسوب قرمز آجری انجام دهید.

**گزارش نتیجه:**

- (۱) غلظت دقیق نیترات نقره را محاسبه کنید.

**طرز کار II: تعیین غلظت  $Ag^+$** 

- (۱) محلول نیترات نقره تهیه شده را در یک بشر ۲۵۰ میلی لیتری بریزید.
- (۲) الکتروود نقره را داخل محلول قرار دهید.
- (۳) درجه حرارت را اندازه گیری کنید و آنرا روی دستگاه تنظیم کنید.
- (۴) پتانسیل را یادداشت کنید. ( $E_1$ )
- (۵) نمونه مجهول را در یک بشر تمیز ریخته و با استفاده از الکتروود نقره مقدار پتانسیل سلول را قرائت کنید. ( $E_2$ )

**گزارش نتیجه:**

- (۱) غلظت  $Ag^+$  در نمونه مجهول را گزارش کنید.

**پتانسیومتری****آزمایش شماره ۲: تعیین مقدار یون  $Ag^+$  بروش تیتراسیون پتانسیومتری**

- ۱) ۱۰۰ میلی لیتر محلول کلرید سدیم  $0.1M$  تهیه کنید.
- ۲) ۲۵ میلی لیتر از نمونه مجهول را برداشته در یک بشر ۲۵۰ میلی لیتری بریزید. سپس با افزودن آب مقطر حجم محلول را به حدود ۱۵۰ میلی لیتر برسانید.
- ۳) الکتروود نقره را داخل محلول قرار دهید.
- ۴) درجه حرارت را اندازه‌گیری کنید و آنرا روی دستگاه تنظیم کنید.
- ۵) یک مگنت را در بشر قرار دهید. سپس تیتراسیون را (توسط کلرید سدیم) تا حدود ۵ میلی لیتر بعد از نقطه اکی والان ادامه دهید. پتانسیل را در هر نقطه یادداشت کنید.

**گزارش نتیجه:**

- ۱) منحنی تیتراسیون پتانسیل خوانده شده را بر حسب حجم تیتراکننده رسم کنید.
- ۲) با توجه به منحنی، غلظت  $Ag^+$  را در نمونه حساب کنید.



### پتانسیومتری

#### آزمایش شماره ۳: تعیین ثابت حاصلضرب انحلالی کلرید نقره به روش پتانسیومتری

- (۱) ۵۰ میلی لیتر محلول کلرید سدیم ۰/۱M تهیه کنید.
- (۲) ۱۰۰ میلی لیتر محلول نیترات نقره ۰/۱M تهیه کنید.
- (۳) ۱۰ میلی لیتر از محلول کلرید سدیم را برداشته، بداخل ارلن بریزید. سپس به آن حدود ۱۰ قطره محلول معرف کرومات پتاسیم اضافه کنید.
- (۴) بورت را با نیترات نقره پر کرده و تیتراسیون را تا ظهور رسوب قرمز آجری انجام دهید.
- (۵) با استفاده از نیترات نقره تهیه شده در مرحله ۲، ۱۰۰ میلی لیتر محلول نیترات نقره ۰/۰۰۱M تهیه کنید.
- (۶) ۵۰ میلی لیتر محلول نیترات آمونیوم ۰/۰۱M تهیه کنید.
- (۷) ۵۰ میلی لیتر محلول کلرید آمونیوم ۰/۰۱M تهیه کنید.
- (۸) در داخل یک بالن ژوژه ۱۰۰ میلی لیتری، ۱۰ میلی لیتر محلول نیترات نقره ۰/۰۰۱M و ۱۰ میلی لیتر محلول نیترات آمونیوم ۰/۰۱M ریخته، تا خط نشانه به حجم برسانید.
- (۹) تمامی این محلول را داخل یک بشر ۲۵۰ میلی لیتری بریزید.
- (۱۰) الکتروود نقره را داخل محلول قرار دهید.
- (۱۱) درجه حرارت را اندازه‌گیری کنید و آنرا روی دستگاه تنظیم کنید.
- (۱۲) پتانسیل را یادداشت کنید.
- (۱۳) ۱۰ میلی لیتر محلول کلرید آمونیوم ۰/۰۱M را بداخل بشر اضافه کنید. چند دقیقه‌ای بمنظور به حال تعادل رسیدن رسوب صبر کنید و سپس پتانسیل را یادداشت کنید.

#### گزارش نتیجه:

- (۱) با در نظر گرفتن غلظت اضافی کلرید و مولاریته یون نقره که از روی پتانسیل مشاهده شده تعیین می‌گردد، ثابت حاصلضرب انحلالی را محاسبه کنید.

**شرح آزمایش تعیین ثابت حاصلضرب انحلالی  $AgCl$  بروش پتانسیومتری**

در این آزمایش، واکنش یون نقره را با یون کلرید از طریق اندازه گیری پتانسیل الکتروود نقره بررسی خواهیم کرد:



در اینجا، مولاریته یون  $Cl^-$  در مقدار اضافی و مشخص نسبت به یون نقره موجود بوده و فرض میشود واکنش کامل است. بنابراین تنها مجهول در تعادل فوق  $Ag^+$  بوده که از روی پتانسیل الکتروود اندازه گیری میشود.

در ابتدای آزمایش پیل شامل محلول  $0.001$  مولار نیترات نقره و  $0.01$  مولار نیترات آمونیوم میباشد. نیترات آمونیوم به منظور تنظیم قدرت یونی بکار می‌رود. از این محلول نیترات نقره به منظور استاندارد کردن الکتروود استفاده می‌شود، نظیر یک محلول بافر که برای استاندارد نمودن pH متر بکار می‌رود.

چنانچه پتانسیل پیل  $E_1$  باشد، چون مولاریته یون نقره برای این محلول معلوم است می‌توان مقدار  $K$  را بسادگی محاسبه نمود.

$$K = E_1 + 0.059 \log \frac{1}{0.001} \quad \text{معادله ۲}$$

مادامیکه مقدار  $K$  مشخص شده باشد، معادله نرنست را می‌توان بمنظور محاسبه  $Ag^+$  در هر یک از محلولها به کار برد.

$$[Ag^+] = 10^{\frac{(E-K)}{0.059}} \quad \text{معادله ۳}$$

پس از افزایش مقدار اضافی و معلوم کلرید آمونیوم، رسوب  $AgCl$  تولید شده و پتانسیل الکتروود کاهشی در غلظت یون نقره را در محلول نشان می‌دهد. از روی پتانسیل الکتروود و همچنین معادله ۳ می‌توان غلظت یون  $Ag^+$  را پس از افزودن کلرید آمونیوم محاسبه نمود. با توجه به محاسبات تئوری می‌توان غلظت یون  $Cl^-$  باقیمانده در محیط را محاسبه نمود. با داشتن غلظت یونهای  $Ag^+$  و  $Cl^-$  می‌توان  $K_{sp}$  کلرید نقره را بدست آورد.

**پتانسیومتری****آزمایش شماره ۴: تعیین درصد کلرید و یدید سدیم در یک مخلوط**

- (۱) ۵۰ میلی لیتر محلول کلرید سدیم ۰/۱M تهیه کنید.
- (۲) ۱۰۰ میلی لیتر محلول نیترات نقره ۰/۱M تهیه کنید.
- (۳) ۱۰ میلی لیتر از محلول کلرید سدیم را برداشته، بداخل ارلن بریزید. سپس به آن حدود ۱۰ قطره محلول معرف کرومات پتاسیم اضافه کنید.
- (۴) بورت را با نیترات نقره پر کرده و تیتراسیون را تا ظهور رسوب قرمز آجری انجام دهید.
- (۵) حدود ۰/۲ گرم از مخلوط کلرید و یدید سدیم را برداشته و دقیقاً وزن کنید.
- (۶) مخلوط توزین شده را داخل یک بشر ۲۵۰ میلی لیتری بریزید. سپس با افزودن آب مقطر حجم محلول را به حدود ۱۵۰ میلی لیتر برسانید.
- (۷) یک مگنت را در بشر قرار داده و الکتروود نقره را داخل محلول قرار دهید. سپس تیتراسیون را (توسط نیترات نقره استاندارد شده) تا حدود ۵ میلی لیتر بعد از نقطه اکی والان ادامه دهید. پتانسیل را در هر نقطه یادداشت کنید.

**گزارش نتیجه:**

- (۱) منحنی تیتراسیون پتانسیل خوانده شده را بر حسب حجم تیتراکننده رسم کنید.
- (۲) با ذکر دلیل مشخص کنید کدام یک از این دو یون ( $I^-$  و  $Cl^-$ ) زودتر رسوب می‌کند.
- (۳) با توجه به منحنی، درصد کلرید و یدید سدیم را در نمونه حساب کنید.



**پتانسیومتری****آزمایش شماره ۵: تیتراسیون پتانسیومتری آهن (II) با سریم (IV)**

- ۱) ۴/۰۴ گرم نمک  $Ce(SO_4)_2 \cdot 4H_2O$  را وزن کرده و در بالن ژوژه ۱۰۰ میلی لیتری بریزید.
- ۲) در حدود ۶ میلی لیتر از اسید سولفوریک غلیظ بیافزایید و برای دو دقیقه هم بزنید.
- ۳) ۱۰ میلی لیتر آب با احتیاط اضافه کرده و مجدداً برای دو دقیقه هم بزنید.
- ۴) عملیات افزودن آب و هم زدن محلول را تکرار کنید تا نمک به طور کامل حل شود. سپس به حجم ۱۰۰ میلی لیتر برسانید.
- ۵) نمونه مجهول  $(FeSO_4)$  را داخل یک بالن ژوژه ۱۰۰ میلی لیتری ریخته و توسط آب مقطر به حجم برسانید.
- ۶) ۲۵ میلی لیتر از نمونه مجهول تهیه شده را داخل یک بشر ۲۵۰ میلی لیتری بریزید. سپس با افزودن آب مقطر حجم محلول را به حدود ۱۵۰ میلی لیتر برسانید.
- ۷) یک مگنت را در بشر قرار داده و الکتروود پلاتینی مرکب را داخل محلول قرار دهید. سپس تیتراسیون را توسط  $Ce(IV)$  تا حدود ۵ میلی لیتر بعد از نقطه اکی والان ادامه دهید. پتانسیل را در هر نقطه یادداشت کنید.

**گزارش نتیجه:**

- ۱) منحنی تیتراسیون پتانسیل خوانده شده را بر حسب حجم تیتراکننده رسم کنید.
- ۲) با توجه به منحنی، وزن  $FeSO_4$  موجود در نمونه را حساب کنید.
- ۳) مزایا و معایب روش پتانسیومتری را مورد بررسی قرار دهید.

**عناوین مطالب آزمایش هدایت سنجی:**

- ۱) هدایت الکترولیتی
- ۲) هدایت ویژه
- ۳) هدایت هم ارز
- ۴) هدایت هم ارز در رقت بینهایت
- ۵) تیتراسیونهای هدایت سنجی
  - ۵-الف) تکنیک اندازه‌گیری هدایت
  - ۵-ب) سلولها
  - ۵-ج) تعیین ثابت سلول
  - ۵-د) کنترل دما
  - ۵-ه) تغییرات حجم
- ۶) منحنیهای تیتراسیون (با ذکر مثال و تفسیر منحنی)
  - ۶-الف) تیتراسیونهای اسید-باز
  - ۶-ب) تیتراسیونهای رسوبی
  - ۶-ج) تیتراسیونهای تشکیل کمپلکس
- ۷) مزایا و معایب
- ۸) کاربردها
  - ۸-الف) هدایت سنجی مستقیم
  - ۸-ب) هدایت سنجی غیرمستقیم



### هدایت سنجی

#### آزمایش شماره ۱: تیتراسیون اسید قوی توسط باز قوی

- ۱) ۲۵۰ میلی لیتر محلول هیدروکسید سدیم ۰/۱N تهیه کنید.
- ۲) هیدروکسید سدیم تهیه شده را داخل بورت ریخته و با استفاده از پتاسیم هیدروژن فتالات در حضور معرف فنل فتالئین به طریق تیتراسیون حجمی استاندارد کنید.
- ۳) ۲۵ میلی لیتر HCl با غلظت نامشخص را داخل یک بشر ۲۵۰ میلی لیتری بریزید. سپس با افزودن آب مقطر حجم محلول را به حدود ۱۵۰ میلی لیتر برسانید.
- ۴) یک مگنت را در بشر قرار داده و الکتروود هدایت سنج را داخل محلول قرار دهید. سپس تیتراسیون را توسط هیدروکسید سدیم تا حدود ۵ میلی لیتر بعد از نقطه اکی والان ادامه دهید.

#### گزارش نتیجه:

- ۱) منحنی تیتراسیون را رسم کنید.
- ۲) منحنی حاصل را توجیه کنید.
- ۳) غلظت HCl را گزارش کنید.



### هدایت سنجی

#### آزمایش شماره ۲: تیتراسیون اسید ضعیف توسط باز قوی

- ۱) ۲۵۰ میلی لیتر محلول هیدروکسید سدیم  $0.1N$  تهیه کنید.
- ۲) هیدروکسید سدیم تهیه شده را داخل بورت ریخته و با استفاده از پتاسیم هیدروژن فتالات در حضور معرف فنل فتالئین به طریق تیتراسیون حجمی استاندارد کنید.
- ۳) ۲۵ میلی لیتر اسید استیک با غلظت نامشخص را داخل یک بشر ۲۵۰ میلی لیتری بریزید. سپس با افزودن آب مقطر حجم محلول را به حدود ۱۵۰ میلی لیتر برسانید.
- ۴) یک مگنت را در بشر قرار داده و الکتروود هدایت سنج را داخل محلول قرار دهید. سپس تیتراسیون را توسط هیدروکسید سدیم تا حدود ۵ میلی لیتر بعد از نقطه اکی والان ادامه دهید.

#### گزارش نتیجه:

- ۱) منحنی تیتراسیون را رسم کنید
- ۲) منحنی حاصل را توجیه کنید
- ۳) غلظت  $CH_3COOH$  را گزارش کنید



### هدایت سنجی

#### آزمایش شماره ۳: تیتراسیون مخلوط اسیدها توسط باز قوی

- (۱) ۲۵۰ میلی لیتر محلول هیدروکسید سدیم ۰/۱N تهیه کنید.
- (۲) هیدروکسید سدیم تهیه شده را داخل بورت ریخته و با استفاده از پتاسیم هیدروژن فتالات در حضور معرف فنل فتالئین به طریق تیتراسیون حجمی استاندارد کنید.
- (۳) ۲۵ میلی لیتر مخلوط اسید استیک و اسید کلریدریک با غلظتهای نامشخص را داخل یک بشر ۲۵۰ میلی لیتری بریزید. سپس با افزودن آب مقطر حجم محلول را به حدود ۱۵۰ میلی لیتر برسانید.
- (۴) یک مگنت را در بشر قرار داده و الکتروود هدایت سنج را داخل محلول قرار دهید. سپس تیتراسیون را توسط هیدروکسید سدیم تا حدود ۵ میلی لیتر بعد از نقطه اکی والان ادامه دهید.

#### گزارش نتیجه:

- (۱) منحنی تیتراسیون را رسم کنید.
- (۲) منحنی حاصل را توجیه کنید.
- (۳) غلظت دو اسید را گزارش کنید.



### هدایت سنمی

#### آزمایش شماره ۴: اندازه‌گیری غلظت $Pb^{2+}$ به روش تیتراسیون رسوبی

- ۱) ۱۰۰ میلی لیتر محلول اسید سولفوریک ۰/۵ مولار تهیه کنید.
- ۲) بورت را با محلول اسید سولفوریک پر کنید.
- ۳) نمونه مجهول را داخل بالن ژوژه ۱۰۰ میلی لیتری ریخته و توسط افزودن آب مقطر به حجم برسانید.
- ۴) ۵۰ میلی لیتر از این محلول را داخل یک بشر ۲۵۰ میلی لیتری بریزید. سپس با افزودن آب مقطر حجم محلول را به حدود ۱۵۰ میلی لیتر برسانید.
- ۵) یک مگنت را در بشر قرار داده و الکتروود هدایت سنج را داخل محلول قرار دهید. سپس تیتراسیون را توسط اسید سولفوریک تا حدود ۵ میلی لیتر بعد از نقطه اکی والان ادامه دهید.

#### گزارش نتیجه:

- ۱) منحنی تیتراسیون (هدایت تصحیح شده بر حسب حجم تیتراکننده) را رسم کنید.
- ۲) وزن استات سرب  $(Pb(CH_3COO)_2)$  موجود در نمونه را گزارش کنید.
- ۳) برای اینکه آزمایش دقیق تر انجام شود، چه مواردی را پیشنهاد می‌کنید.



### هدایت سنجی

#### آزمایش شماره ۵: اندازه‌گیری غلظت $Cl^-$ به روش تیتراسیون رسوبی

- (۱) ۱۰۰ میلی لیتر محلول نیترات نقره ۰/۰۵ مولار تهیه کنید.
- (۲) بورت را با محلول نیترات نقره پر کنید.
- (۳) نمونه مجهول را داخل بالن ژوژه ۱۰۰ میلی لیتری ریخته و توسط افزودن آب مقطر به حجم برسانید.
- (۴) ۲۵ میلی لیتر از این محلول را داخل یک بشر ۲۵۰ میلی لیتری بریزید. سپس با افزودن آب مقطر حجم محلول را به حدود ۱۵۰ میلی لیتر برسانید.
- (۵) یک مگنت را در بشر قرار داده و الکتروود هدایت سنج را داخل محلول قرار دهید. سپس تیتراسیون را توسط نیترات نقره تا حدود ۵ میلی لیتر بعد از نقطه اکی والان ادامه دهید.

#### گزارش نتیجه:

- (۱) منحنی تیتراسیون (هدایت تصحیح شده بر حسب حجم تیتراکننده) را رسم کنید.
- (۲) وزن کلرید سدیم موجود در نمونه را گزارش کنید.



### هدایت سنجی

#### آزمایش شماره ۶: تعیین ثابت ماصضرب انحلالی کربنات کلسیم به روش هدایت سنجی

- (۱) ۱۵۰ میلی لیتر آب مقطر را داخل یک بشر ۲۵۰ میلی لیتری بریزید.
- (۲) الکتروود هدایت سنج را داخل بشر قرار دهید.
- (۳) درجه حرارت را اندازه‌گیری کنید.
- (۱۲) هدایت را یادداشت کنید.
- (۱۳) ۲/۵ گرم کربنات کلسیم را بداخل بشر اضافه کنید. مگنت را داخل بشر انداخته و همزن را روشن کنید. چند دقیقه‌ای بمنظور به حال تعادل رسیدن رسوب صبر کنید و سپس هدایت را یادداشت کنید.

#### گزارش نتیجه:

- (۱) هدایت ویژه نمک  $\text{CaCO}_3$  را محاسبه کنید.
- (۲) با استفاده از جداول موجود در کتب تجزیه، هدایت اکی والان حد ( $\Lambda_{\infty}$ ) را برای  $\text{CaCO}_3$  محاسبه کنید.
- (۳) غلظت (نرمالیت) نمک را در محلول محاسبه کنید.
- (۴) ثابت حاصلضرب انحلالی این نمک را محاسبه کنید.
- (۵) مزایا و معایب هدایت سنجی را نسبت به روشهای دیگر بصورت کامل بیان کنید.





### شرح آزمایش تعیین ثابت ماصضرب انملالی یک نمک کم محلول بروش هدایت سنجی

چنانچه یک نمک کم محلول باشد و کاملاً تفکیک گردد، حلالیت آن را میتوان از روی اندازه گیری هدایت آن بدست آورد. هدایت ویژه یک محلول اشباع نمک، با کم کردن هدایت ویژه محلول آن از هدایت ویژه حلال بدست می آید:

$$K_{\text{نمک}} = K_{\text{محلول}} - K_{\text{حلال}}$$

هدایت اکی والان نمک در محلول اشباع ( $\Lambda_S$ ) با غلظت آن بر حسب اکی والان در لیتر ( $N$ )، بصورت زیر ارتباط دارد:

$$\Lambda_S = \frac{K_{\text{SALT}} \times 1000}{N}$$

چنانچه نمک کم محلول باشد، محلول اشباع آن را میتوان خیلی رقیق فرض نمود و لذا:

$$\Lambda_S = \Lambda_{\infty}$$

و از آنجا:

$$N = \frac{K_{\text{SALT}} \times 1000}{\Lambda_{\infty}}$$

هدایت اکی والان حد ( $\Lambda_{\infty}$ ) برابر است با  $\Lambda_{\infty} = v_+ \lambda_{\infty}^+ + v_- \lambda_{\infty}^-$

که  $v_+$  و  $v_-$  تعداد یونهای مثبت و منفی حاصل از تجزیه نمک است. با محاسبه  $C$ ، میتوان ثابت حاصلضرب انحلالی رسوب را محاسبه نمود.

**عناوین مطالب آزمایش کولومتری:**

- ۱) اساس کولومتری
- ۲) واحدهای مقدار الکتریسیته (فاراد، کولن، ...)
- ۳) انواع روشهای کولومتری
- ۳-الف) کولومتری با جریان ثابت (تیتراسیون کولومتری)
- ۳-ب) کولومتری با پتانسیل ثابت
- ۴) سلول تیتراسیون کولومتری
- ۵) مزایا و معایب
- ۶) کاربردها



### کولومتری

#### تعیین مقدار $S_2O_3^{2-}$ در یک نمونه مجهول (تیوسولفات سدیم)

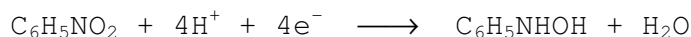
- ۱) ۱۰۰ میلی لیتر محلول ۱۵ gr/lit از KI تهیه کنید.
  - ۲) ۱۰۰ میلی لیتر محلول ۵٪ KCl، در ۲٪ HCl در آب تهیه کنید. و نیمه سل Counter را از آن پر کنید.
  - ۳) نمونه مجهول را در یک بالن ژوژه ۱۰۰ میلی لیتری حل کنید.
  - ۴) در یک بشر ۲۰۰ میلی لیتری، ۴۰ میلی لیتر محلول KI و یک میلی لیتر محلول چسب نشاسته را اضافه کنید و سپس به آن ۵ میلی لیتر محلول نمونه (تیوسولفات سدیم) بیافزایید.
  - ۵) الکتروود پلاتین (کارگر) و الکتروود همراه (Counter) که توسط محفظه‌ای از ظرف اول جدا شده را وارد محلول نمایید.
  - ۶) محفظه الکتروود همراه (Counter) را از محلول KCl تا نیمه پر کنید.
- نکته:** توجه داشته باشید که الکتروودها بطور کامل در محلول قرار داشته باشند و در صورت نیاز به بشر آب مقطر اضافه نمایید.
- ۷) الکتروود کارگر پلاتینی را به آند و الکتروود همراه (Counter) را به کاتد وصل کنید.
  - ۸) مگنت را داخل بشر بیاندازید و همزن مغناطیسی را روشن کنید و محلول را با سرعت مناسب بهم بزنید. سپس جریانی در حدود ۳۰mA از مدار عبور داده و زمان رسیدن تا مشاهده اولین تشکیل رنگ آبی پایدار را یادداشت کنید.

#### گزارش نتیجه:

- ۱) وزن تیوسولفات سدیم موجود در نمونه مجهول را محاسبه کنید.

**نمونه سئوالات کولومتری:**

- (۱) یک نمونه ۰/۱۵۱۶ گرمی از یک اسید آلی خالص با یون هیدروکسید که توسط یک جریان ثابت ۰/۴۰۱A در مدت زمان ۵ دقیقه و ۲۴ ثانیه تولید شده بود، خنثی گردید. اکی والان گرم اسید را محاسبه کنید؟
- (۲) غلظت CN<sup>-</sup> در ۱۰ml محلول آبکاری توسط تولید یون هیدروژن به وسیله جریان ۴۳/۴mA به مدت ۳ دقیقه و ۲۲ ثانیه تعیین گردید. نقطه پایانی با تغییر رنگ متیل اورانژ مشخص گردید. میزان NaCN محلول را بر حسب گرم در لیتر به دست آورید؟
- (۳) نیتروبنزن موجود در ۲۱۰ میلی‌گرم از یک مخلوط آلی با ولتاژ ثابت ۰/۹۶V - (علیه SCE) اعمال شده به کاتد جیوه‌ای، به فنیل هیدروکسیل آمین احیا می‌شود:



- نمونه در ۱۰۰ml متانول حل شد. بعد از الکترولیز به مدت ۳۰ دقیقه، ۲۶/۷۴ کولمب الکتریسیته به مصرف رسید. درصد C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>NO<sub>2</sub> را در نمونه محاسبه کنید؟

**عناوین مطالب آزمایش ولتامتری (پولاروگرافی):**

- ۱) اساس ولتامتری
- ۲) انواع روشهای ولتامتری و پولاروگرافی با تاکید بر روی ولتامتری پیمایش خطی
- ۳) ولتامتری هیدرودینامیکی
- ۴) دستگاه برای ولتامتری (پولاروگرافی)
- ۵) الکترودهای مورد استفاده در ولتامتری
- ۶) ولتاموگرام (پولاروگرام)
- ۶-الف) جریان حد
- ۶-ب) جریان نفوذ
- ۶-ج) جریان باقیمانده
- ۷) تفسیر امواج پولاروگرافی
- ۸) ارتباط جریان نفوذ با پارامترهای مختلف
- ۸-الف) ولتامتری (معادله راندلز-سوسیک)
- ۸-ب) پولاروگرافی (معادله ایلکوویچ)
- ۹) تعیین غلظت در روش ولتامتری
- ۹-الف) منحنی کالیبراسیون
- ۹-ب) افزایش استاندارد
- ۹-ج) استاندارد داخلی
- ۱۰) اندازه‌گیری  $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$  به روش ولتامتری
- ۱۱) مزایا و معایب
- ۱۱-الف) ولتامتری
- ۱۱-ب) پولاروگرافی
- ۱۲) کاربردها
- ۱۲-الف) ولتامتری
- ۱۲-ب) پولاروگرافی



### ولتامتری

#### آزمایش اول: تعیین غلظت $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$ در یک نمونه مجهول از روی منحنی کالیبراسیون

- (۱) ۵۰۰ ml محلول  $\text{KNO}_3$  یک مولار تهیه کنید.
- (۲) ۱۰۰ ml محلول  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ ، ۰/۱ مولار تهیه کنید.
- (۳) با استفاده از محلولهای ۱ و ۲، ۱۰۰ میلی لیتر از محلولهای ۱، ۲ و ۳ میلی مولار  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  در  $\text{KNO}_3$  یک مولار تهیه کنید.
- (۴) نمونه مجهول را نیز داخل یک بالن ژوژه ۱۰۰ میلی لیتری توسط  $\text{KNO}_3$  یک مولار به حجم برسانید.
- (۵) الکترودهای کار، مرجع و کمکی را به دستگاه وصل کنید.
- (۶) ۱۰۰ میلی لیتر از محلول  $\text{KNO}_3$  یک مولار را داخل بشر ریخته و ولتاموگرام آنرا در بازه ۰/۸ تا -۰/۱۲ ولت و با سرعت  $\text{mV/s}$  ثابت کنید.
- (۷) به ترتیب ولتاموگرام محلولهای ۱ mM، ۲ mM، ۳ mM و محلول نمونه مجهول را در شرایط مشابه مورد قبل ثبت کنید.

#### گزارش:

- (۱) منحنی کالیبراسیون ( $i_p$  بر حسب غلظت) را رسم کنید.
- (۲) با توجه به منحنی کالیبراسیون غلظت مجهول را گزارش کنید.

**ولتامتری****آزمایش دوم: تعیین غلظت  $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$  در یک نمونه مجهول به روش لفزایش استاندارد**

- (۱) ولتاموگرام نمونه مجهول آزمایش قبل را در همان شرایط قبلی ثبت کنید.
- (۲) ۱۰ میلی لیتر از محلول ۱mM را به بشر اضافه کرده و پس از همزدن محلول ولتاموگرام محلول حاصل را ثبت کنید.

**نکته:** معادله مورد استفاده در روش لفزایش استاندارد بصورت زیر است:

$$C_u = C_s \frac{i_p}{i'_p + (i'_p - i_p)(V/v)}$$

$C_u$  = غلظت مجهول

$C_s$  = غلظت استاندارد اضافه شده

$i_p$  = جریان پیک برای مجهول

$i'_p$  = جریان پیک بعد از افزودن استاندارد

$V$  = حجم مجهول

$v$  = حجم استاندارد اضافه شده

**گزارش:**

- (۱) فرمول بالا را اثبات کنید.
- (۲) با استفاده از فرمول بالا غلظت مجهول را گزارش کنید.



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

عدد اتمی	نام عنصر	نشانه عنصر	جرم اتمی
۲۸	نیکل	Ni	۵۸/۵
۲۹	مس	Cu	۶۳/۵
۳۰	روی	Zn	۶۵
۳۱	گالیم	Ga	۶۹/۵
۳۲	ژرمانیوم	Ge	۷۲/۵
۳۳	ارسنیک	As	۷۵
۳۴	سلنیم	Se	۷۹
۳۵	برم	Br	۸۰
۳۶	کریپتون	Kr	۸۳/۵
۳۷	روبیوم	Rb	۸۵/۵
۳۸	استرنسیم	Sr	۸۷/۵
۳۹	ایتیم	Y	۸۹
۴۰	زیرکنیم	Zr	۹۱
۴۱	نیوبیم	Nb	۹۳
۴۲	مولیبدن	Mo	۹۶
۴۳	تکنسیم	Te	۹۹
۴۴	روتنیم	Ru	۱۰۱
۴۵	رودیم	Rh	۱۰۳
۴۶	پالادیم	Pd	۱۰۶/۵
۴۷	نقره	Ag	۱۰۸
۴۸	کادمیم	Cd	۱۱۲/۵
۴۹	ایندیم	In	۱۱۴/۵
۵۰	قلع	Sn	۱۱۸/۵
۵۱	انتیموان	Sb	۱۲۱/۵
۵۲	تلور	Te	۱۲۷/۵
۵۳	ید	I	۱۲۷
۵۴	گزنون(زنون)	Xe	۱۳۱

عدد اتمی	نام عنصر	نشانه عنصر	جرم اتمی
۱	هیدروژن	H	۱
۲	هلیوم	He	۴
۳	لیتیم	Li	۷
۴	بریلیم	Be	۹
۵	بور	B	۱۱
۶	کربن	C	۱۲
۷	نیتروژن	N	۱۴
۸	اکسیژن	O	۱۶
۹	فلوئور	F	۱۹
۱۰	نئون	Ne	۲۰
۱۱	سدیم(ناتریم)	Na	۲۳
۱۲	منیزیم	Mg	۲۴
۱۳	آلمینیوم	Al	۲۷
۱۴	سیلیسیم	Si	۲۸
۱۵	فسفر	P	۳۱
۱۶	گوگرد	S	۳۲
۱۷	کلز	Cl	۳۵/۵
۱۸	آرگن	Ar	۴۰
۱۹	پتاسیم(کالیم)	K	۳۹
۲۰	کلسیم	Ca	۴۰
۲۱	اسکاندیم	Sc	۴۵
۲۲	تیتانیم	Ti	۴۷
۲۳	وانادیم	V	۵۱
۲۴	کروم	Cr	۵۲
۲۵	منگنز	Mn	۵۵
۲۶	آهن	Fe	۵۶
۲۷	کوبالت	Co	۵۹





واحد قوچان

جرم اتمی	نشانه عنصر	نام عنصر	عدد اتمی
۲۰۹	Bi	بیس‌موت	۸۳
۲۱۰	Po	پولونیم	۸۴
۲۱۰	At	استاتین	۸۵
۲۲۲	Rn	رادون	۸۶
۲۲۳	Fr	فرانسیم	۸۷
۲۲۶	Ra	رادیوم	۸۸
۲۲۷	Ac	آکتینیم	۸۹
۲۳۲	Th	توریم	۹۰
۲۳۱	Pa	پروتاکتینیم	۹۱
۲۳۸	U	اورانیم	۹۲
۲۳۷	Np	نپتونیم	۹۳
۲۴۲	Pu	پلوتونیم	۹۴
۲۴۳	Am	امریسیم	۹۵
۲۴۷	Cm	کوریم	۹۶
۲۴۹	Bk	برکلیم	۹۷
۲۵۱	Cf	کالیفورنیم	۹۸
۲۵۴	Es	اینشتینیم	۹۹
۲۵۳	Fm	فرمیم	۱۰۰
۲۵۶	Md	مندلویم	۱۰۱
۲۵۴	No	نوبلیوم	۱۰۲
۲۵۷	Lw (Lr)	لورنسیم	۱۰۳
۲۶۴	Ku	کورچاتوویم	۱۰۴
	Ha (Ra)	هانیم (رادرفوردیم)	۱۰۵
	(Ns)	نیلزبوهریم	۱۰۶
			۱۰۷

جرم اتمی	نشانه عنصر	نام عنصر	عدد اتمی
۱۳۳	Cs	سزیم	۵۵
۱۳۷	Ba	باریم	۵۶
۱۳۹	La	لانتان	۵۷
۱۴۰	Ce	سریوم	۵۸
۱۴۱	Pr	پراسئودیمیم	۵۹
۱۴۴	Nd	نئودیمیم	۶۰
۱۴۷	Pm	پرومتیم	۶۱
۱۵۰/۵	Sm	ساماریوم	۶۲
۱۵۲	Eu	اروپیم	۶۳
۱۵۷	Gd	گادولینیم	۶۴
۱۵۹	Tb	تربیم	۶۵
۱۶۲/۵	Dy	دیسپرونیم	۶۶
۱۶۵	Ho	هولمیم	۶۷
۱۶۷	Er	اربیم	۶۸
۱۶۹	Tm	تولیم	۶۹
۱۷۳	Yb	ایتربیم	۷۰
۱۷۵	Lu	لوتسیم	۷۱
۱۷۸/۵	Hf	هافنیم	۷۲
۱۸۱	Ta	تانتال	۷۳
۱۸۴	W	تنگستن (ولفرام)	۷۴
۱۸۶	Re	رینیم	۷۵
۱۹۰	Os	اسمیم	۷۶
۱۹۲	Ir	ایریدیم	۷۷
۱۹۵	Pt	پلاتین	۷۸
۱۹۷	Au	طلا	۷۹
۲۰۰/۵	Hg	جیوه	۸۰
۲۰۴	Tl	تالیم	۸۱
۲۰۷	Pb	سرب	۸۲