۱۶

رسانایی سنجی

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

ـ با روش هدایت سنجی غلظت و ثابت یونیزاسیون یک ترکیب یونیزه شده را اندازه‌گیری نماید.

۱ـ۱۶ـ مقاومت مخصوص[۱] و هدایت مخصوص[۲]

مقاومت یک هادی الکتریکی R با طول آن، l، نسبت مستقیم و با سطح مقطع آن،A نسبت عکس دارد :

$$R \propto \frac{l}{A}$$

اگر در تناسب فوق ضریب تناسب ρ را وارد کنیم، تساوی ۱ـ۱۶ به دست می‌آید :

$$R = \rho \frac{l}{A} \qquad (۱۶_۱)$$

که در آن ρ ، ضریب تناسب است و مقاومت مخصوص نامیده می‌شود. اگر در رابطه‌ی ۱ـ۱۶، R بر حسب اهم، l برحسب سانتی‌متر، و A برحسب سانتی‌متر مربع باشد، یکای ρ برحسب اهم. سانتی‌متر (Ω.cm) خواهد بود.

$$\rho = \frac{RA}{l} = \frac{\Omega cm^{۲}}{cm} = \Omega.cm \quad \text{(اهم. سانتی‌متر)}$$

در کارهای هدایت سنجی، معمولاً از هدایت، بیش‌تر از مقاومت استفاده می‌شود. هرچه مقاومت کم‌تر باشد، هدایت بیش‌تر می‌شود. هدایت L عکس مقاومت است.

$$L = \frac{۱}{R} = \frac{۱}{\rho}\frac{A}{l} = k\frac{A}{l} \qquad (۱۶_۲)$$

که $\frac{۱}{\rho}$ به نام هدایت مخصوصی k، است.

$$k = \frac{۱}{\rho} \qquad (۱۶_۳)$$

و k دارای واحد $ohm^{-۱}.cm^{-۱}$ می‌شود. گاهی $ohm^{-۱}$ ، مو (mho)نامیده می‌شود. جدول ۱ـ۱۶ هدایت مخصوص بعضی از مواد را نشان می‌دهد.

جدول ۱ـ۱۶ـ هدایت مخصوص بعضی از مواد در ۲۵ C

جسم	هدایت مخصوص $\Omega^{-۱}cm^{-۱}$
نقره	$۶/۳۳\times۱۰^{۵}$
مس	$۵/۸۰\times۱۰^{۵}$
محلول سدیم کلرید $\frac{N}{۱۰}$	$۲/۲۱\times۱۰^{-۲}$
محلول پتاسیم کلرید $\frac{N}{۱۰}$	$۱/۲۹\times۱۰^{-۲}$
آب	$۴/۰\times۱۰^{-۸}$

۱ـ Specific resistance ۲ـ Specific Conductance

۲ــ ۱۶ــ اندازه‌گیری هدایت الکترولیت‌ها

در اندازه‌گیری هدایت محلول الکترولیت‌ها، خاصیّتی که عملاً اندازه‌گیری می‌شود، مقاومت است، و هدایت مخصوص از رابطه‌ی ۳ ــ ۱۶ محاسبه می‌شود.

محلول الکترولیت مورد اندازه‌گیری را در یک بشر ریخته سپس الکترود هدایت‌سنجی را در آن قرار دهید و الکترود را به‌دستگاه هدایت‌سنج، وصل نمایید و هدایت محلول را از روی دستگاه هدایت بخوانید و یادداشت کنید.

۳ ــ ۱۶ــ ثابت سل[۱]

همان‌طور که گفته شد هدایت مخصوص با رابطه‌ی زیر داده می‌شود :

$$k = \frac{۱}{\rho} = \frac{l}{RA}$$

در هدایت‌سنجی، l فاصله‌ی میان دو صفحه دو الکترود است و Aسطح مقطع الکترودها می‌باشد. برای هر سلول l و A ثابت هستند و $\frac{l}{A}$ ثابت سلول نامیده می‌شود.

از طرفی می‌دانید، $L = \frac{۱}{R}$ می‌باشد.

با توجه به آن

$$k = \frac{l}{A} L \qquad (۱۶ــ۴)$$

مطابق رابطه‌ی ۴ــ ۱۶ و برحسب تعریف، هدایت مخصوص یک الکترولیت هدایت توده‌ای از الکترولیت است که بین دو الکترود پلاتین با سطح مقطع $۱\ cm^۲$ و موازی با یکدیگر به فاصله‌ی ۱ cm قرار گرفته باشد. یعنی هریک از l و A واحد باشد.

از نظر عملی بسیار مشکل است و شاید غیرممکن باشد که بتوانند به طور دقیق دو الکترود پلاتین با سطح مقطع $۱\ cm^۲$ و موازی با یکدیگر به فاصله‌ی ۱ cm تهیه کنند. به این دلیل به‌وسیله‌ی یک الکترولیت مرجع مانند KCl به غلظت معین که هدایت مخصوص آن در دماهای مورد نظر معلوم است، در یک دمای معین، هدایت آن را به وسیله‌ی دستگاه تعیین می‌کنند. عددی که دستگاه نشان می‌دهد، همان L است. با داشتن مقدار k و با استفاده از رابطه‌ی $k = (\frac{l}{A})L$ مقدار ثابت سلول را که برابر $\frac{l}{A}$ است به دست می‌آورند. جدول ۲ــ ۱۶ هدایت مخصوص محلول‌های KCl را برحسب $ohm^{-۱}cm^{-۱}$ در چند دما نشان می‌دهد.

جدول ۲ــ۱۶ــ هدایت مخصوص محلول‌های KCl($ohm^{-۱}cm^{-۱}$)

۲۵ C	۱۸ C	۰ C	غلظت اکی والان /L
۰/۱۴۷۳	۰/۰۹۳۸۲۰	۰/۰۶۵۴۳	۱
۰/۰۱۲۸۸۶	۰/۰۱۴۹	۰/۰۰۷۱۵۴	۰/۱
۰/۰۰۱۴۱۱۴	۰/۰۰۱۲۲۲۷	۰/۰۰۰۷۹۵۱	۰/۰۱

۴ــ۱۶ــ تعیین غلظت یک محلول با روش هدایت‌سنجی

هدف: اندازه‌گیری غلظت یک محلول با روش هدایت‌سنجی

مواد لازم

۱ــ آب مقطّر

۲ــ محلول سود با غلظت معین (نرمال یا دسی‌نرمال)

۳ــ محلول HCl مجهول

ابزار لازم

۱ــ بورت ۵۰mL و متعلقات آن

۲ــ بالن حجمی ۱۰۰mL

۳ــ بشر ۴۰۰mL

۴ــ دستگاه هدایت‌سنج

۵ ــ هم‌زن مغناطیسی و میله‌ی مغناطیسی

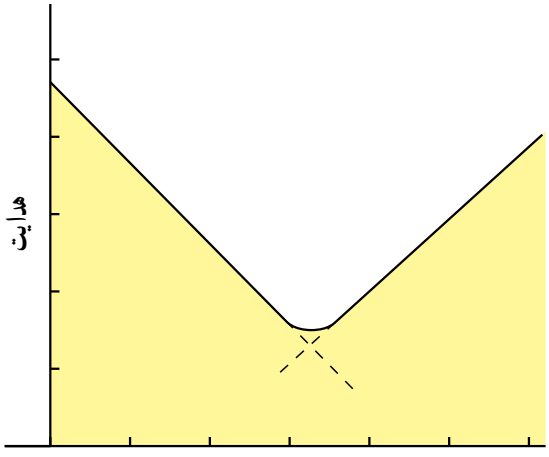
۱ــ Cell Constant

۶ ــ استوانه‌ی مدّرج

روش کار: بعد از به حجم رساندن یک نمونه‌ی مجهول، محلول HCl در بالن حجمی ۱۰۰mL ، ۲۵mL آن را به یک بشر ۴۰۰mL منتقل کنید، با ۱۵۰mL آب مقطّر جوشیده‌ی سرد (بااستفاده از استوانه‌ی مدرّج) رقیق نمایید. بشر را روی یک همزن مغناطیسی قرار داده و میله‌ی مغناطیسی را درون آن قرار دهید.

الکترود هدایت سنج را مطابق شکل ۳ــ۱۶ به آرامی درمحلول وارد نمایید، به طوری که کاملاً به وسیله‌ی محلول پوشانده شود و با همزن محلول برخورد نداشته باشد. دستگاه هدایت سنج را روشن کرده و اجازه دهید به مدت چند دقیقه گرم شود. آن‌گاه هدایت محلول را اندازه بگیرید (معمولاً ثابت سل هدایت‌سنج مشخص است) سپس هربار ۰/۵mL محلول NaOH ، ۲N از بورت به بشر اضافه نمایید و هربار بعد از برقراری تعادل هدایت را اندازه بگیرید. افزایش سود را تا ۱۰mL ادامه دهید. تغییرات حجم محلول اضافه شده را برحسب هدایت خوانده شده رسم کنید، نقطه اکی‌والان بر نقطه شکستگی منحنی حاصل منطبق است (شکل ۲ــ۱۶) حجم سود نظیر نقطه اکی‌والان را از منحنی تخمین بزنید و به کمک آن غلظت HCl مجهول را حساب کنید.

شکل ۱ــ۱۶ــ اندازه‌گیری هدایت یک محلول با دستگاه هدایت‌سنج



شکل ۲ــ۱۶ــ منحنی سنجش حجمی اسید و باز قوی به روش هدایت‌سنجی

۱۷

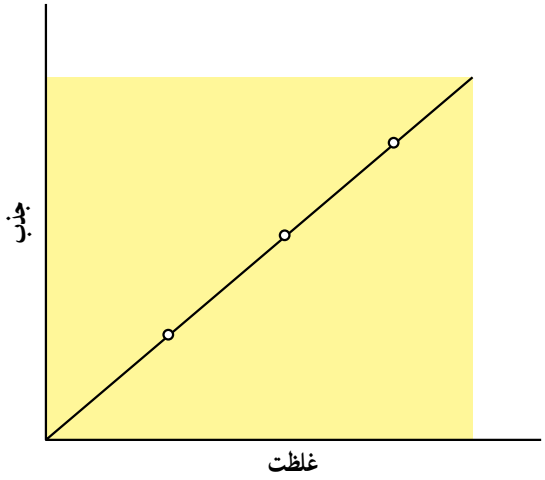
اسپکتروفتومتری

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود بعد از انجام آزمایش این فصل بتواند :
ـ غلظت یک نمونه مجهول را به‌وسیله‌ی دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین کند.

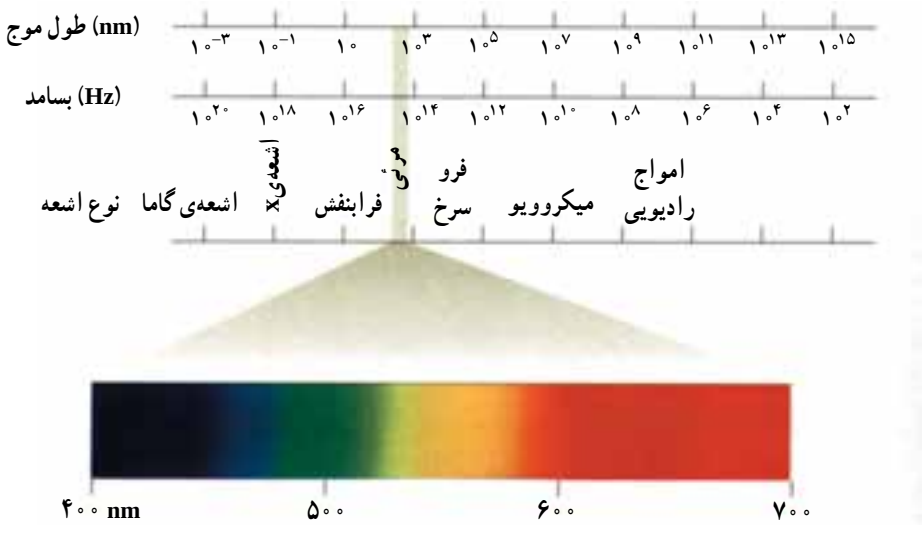
۱ـ۱۷ـ نورسنجی[۱]

روشی است که شدّت نور عبور کرده از یک نمونه را با شدّت نور تابیده شده مقایسه می‌کند. دستگاه اسپکتروفتومتر براساس روش فتومتری ساخته شده است که به کمک آن می‌توان قسمت خیلی باریکی از طیف نور مرئی را جدا کرده و از این طریق می‌توان جذب نور به وسیله‌ی یک ماده را با دقّت زیاد اندازه گرفت.

قدرت جذب نور در یک محلول با غلظت آن نسبت مستقیم دارد (شکل ۱ـ۱۷).

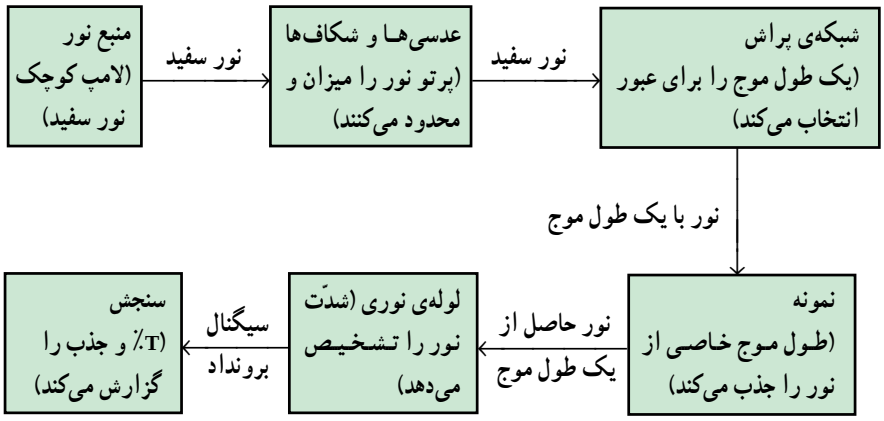


شکل ۱ـ۱۷



شکل ۲ـ۱۷ـ طول موج رنگ‌ها در طیف مرئی

۱ـ Photometery



شکل ۳ــ۱۷ــ نمودار شمایی، اجزای یک رنگ‌سنج را نشان می‌دهد. نور حاصل از یک لامپ سفید به‌وسیله‌ی شبکه‌ی پراش به طول موج‌های سازنده‌اش شکسته می‌شود. نور با یک طول موج مشخص، ابتدا از یک نمونه آب خالص می‌گذرد. دستگاه بر روی ۱۰۰٪ عبور تنظیم می‌شود. سپس نور را از نمونه عبور می‌دهند و درصد عبور یا جذب مستقیماً از روی درجه‌بندی خوانده می‌شود.

۲ــ۱۷ــ اندازه‌گیری غلظت محلول Cu^{2+} با روش اسپکتروفتومتری

مواد لازم

۱ــ محلول $0/1MCu^{2+}$

۲ــ محلول NH_3 غلیظ

۳ــ آب مقطر

ابزار لازم

۱ــ دستگاه اسپکتروفتومتر مرئی

۲ــ بالن حجمی ۱۰mL، ۵ عدد

۳ــ بورت ۵۰mL و متعلّقات آن

در این آزمایش یون‌های Cu^{2+} در واکنش با آمونیاک به‌یک یون کمپلکس آبی رنگ تبدیل می‌شود. جذب این ماده در ناحیه‌ی مرئی (قرمز) زیاد و حداکثر جذب در طول موج ماکزیمم (λ_{max}) حدود ۶۰۰ تا ۶۲۰ نانومتر است. در هر یون کمپلکس یک یون Cu^{2+} وجود دارد.

بنابراین، با اندازه‌گیری غلظت یون کمپلکس، غلظت یون Cu^{2+} به دست می‌آید.

$$Cu^{2+}_{(آبی)} + 4NH_{3(آبی)} \rightarrow [Cu(NH_3)_4]^{2+}_{(آبی)}$$

به رنگ آبی

روش کار: ابتدا مطابق جدول ۱ــ۱۷ محلول‌های زیر را تهیه کنید :

جدول ۱ــ۱۷ــ تهیه‌ی محلول‌های Cu^{2+} و $Cu(NH_3)_4^{2+}$

شماره‌ی محلول	۱	۲	۳	۴	۵
mL محلول $0/01MCu^{2+}$	۲/۰	۱/۶	۱/۲	۰/۸	۰
mL NH_3 غلیظ	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
آب مقطر تا حجم ۱۰mL	۷/۵	۷/۹	۸/۳	۸/۷	۹/۵
غلظت Cu^{2+}					
مقدار جذب (A)					

مطابق این جدول در بالن‌های حجمی ۱۰mL با پی‌پت یا بورت به طور دقیق مقادیر داده شده از محلول Cu^{2+} ۰/۰۱M را بردارید. ۶mL آب مقطّر به هریک از آن‌ها بیفزایید و به هرکدام ۰/۵mL آمونیاک غلیظ اضافه کنید و حجم هر یک را تا خط نشانه به۱۰mLبرسانید. توجه نمایید که درمحلول شماره‌ی ۵ فقط آب مقطر و آمونیاک به حجم ۱۰mL وجود دارد. از محلول شماره‌ی ۵ به عنوان شاهد[1] برای تنظیم اسپکتروفتومتر برای عبور ۱۰۰٪ (A = ۰) استفاده نمایید، آن‌گاه جذب نور به وسیله‌ی سایر محلول‌ها را در مقایسه با محلول شماره‌ی۵ با دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین کنید.

دستگاه اسپکتروفتومتر را که بر روی طول موج ۶۲۰nm تنظیم شده است، برای خواندن جذب (A) محلول‌ها به کار برید. با توجه به توصیه‌های مسؤول آزمایشگاه، مقدار جذب محلول‌های شماره‌ی ۱ تا ۴ را که از روی دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده‌اید درجدول ۱ــ۱۷ ثبت کنید. آن‌گاه مطابق شکل ۱ــ۱۷ منحنی جذب را برحسب غلظت، که یک منحنی استاندارد است، رسم کنید.

۱ mL از محلول مجهول Cu^{2+} را درون یک بالن حجمی ۱۰ mL بریزید. ۶ mL آب مقطر و ۰/۵mL آمونیاک غلیظ به آن بیفزایید و حجم آن را تا خط نشانه به ۱۰ mL برسانید. آن‌گاه به وسیله‌ی دستگاه اسپکتروفتومتر مقدار جذب آن را به‌دست آورید. سپس با استفاده از منحنی استاندارد تهیه شده غلظت Cu^{2+} را در محلول مجهول تعیین کنید.

شکل ۴ــ۱۷ــ دستگاه اسپکتروفتومتر مرئی

۱ــ Blank

تهیه‌ی محلول شناساگرها

روش ساخت محلول شناساگرهای به‌کار رفته در این کتاب، به شرح زیر است :

۱ــ تورنسل: ۰/۵ گرم تورنسل خالص را در ۱۰۰mL آب‌جوش حل کنید.

۲ــ متیل اورانژ: ۰/۱ گرم نمک سدیم آن‌را مستقیماً در آب حل کنید و حجم محلول را به ۱۰۰mL برسانید.

۳ــ فنل فتالئین: ۰/۱ گرم از فنل فتالئین جامد را در محلولی که ۸۰٪ آن اتانول است ($\frac{V}{V}$)، حل کنید.

۴ــ برموتیمول آبی: ۰/۱ گرم از برموتیمول جامد را با ۱/۶mL محلول NaOH، ۰/۱N، مخلوط کرده و سپس حجم آن‌را با آب مقطّر به ۱۰۰mL برسانید.

۵ ــ سدیم دی فنیل آمین سولفنات: ۰/۲ گرم سدیم دی‌فنیل آمین را در ۱۰۰mL آب حل کنید :

۶ ــ نشاسته: ۰/۲ گرم نشاسته را در حدود ۳mL آب خمیر کنید سپس آن را به ۱۰۰mL آب در حال جوش اضافه کنید و حرارت دهید تا محلول زلالی به‌دست آید. سعی کنید از محلول تازه تهیه شده استفاده کنید (روش دیگری در فصل یازدهم آمده است).

۷ــ اریوکروم بلاک‌تی: ۰/۱ گرم جسم جامد را در محلولی تشکیل شده از ۱۵mL تری اتانول آمین و ۵mL اتانول حل کنید. محلول را در جای خنک نگهداری کنید. محلول باید هر دو هفته به‌صورت تازه تهیه شود (روش دیگری در فصل هشتم آمده است).

۸ ــ پتاسیم کرومات: ۵ گرم از پتاسیم کرومات را در ۱۰۰mL آب حل کنید.

منابع و مآخذ

۱ــ S.SHAPIRO Ya. GURVICH ANALYTICAL CHEMISTRY.

۲ــ اسپکترسکپی تجزیه‌ای : تألیف دکتر محمد ادریسی، مهندس بهرام ناصر نژاد.

۳ــ Modern Chemical analysis and instrumentation. H. F Walton. J.Reyes. (1973)

۴ــ Experimental chemistry Michell J. sienko, Robert A. plane.

۵ ــ شیمی تجزیه تألیف : محمد امیری، قدرت‌الله آبسالان

۶ ــ شیمی دستگاهی، تألیف : محمد امیری، محسن کدیور

۷ــ شیمی دستگاهی : تألیف محمد امیری، قدرت‌الله هاشمی

۸ ــ شیمی فیزیک، تألیف : محمد امیری، غلامحسین سعیدی

۹ــ الکتروشیمی برای مهندسین، تألیف : دکتر حسین پازنده

۱۰ــ Vogel, A.I; Quantitative inorganic chemistry, Longmans, 3rd ed, (1961)

۱۱ــ مبانی شیمی تجزیه جلد اول : اسکوگ، وست. ترجمه‌ی دکتر هوشنگ خلیلی

۱۲ــ مبانی شیمی تجزیه جلد دوم : اسکوگ، وست. ترجمه‌ی دکتر سلاجقه، دکتر نجفی

۱۳ــ آزمایشگاه شیمی، تألیف مهندس ناصر فرزان