

## رسانایی سنجی

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود بعد از انجام آزمایش این فصل بتواند:  
- با روش هدایت سنجی غلظت و ثابت یونیزاسیون یک ترکیب یونیزه شده را اندازه‌گیری نماید.

$$\rho = \frac{RA}{l} = \frac{\Omega \text{cm}^2}{\text{cm}} = \Omega \cdot \text{cm} \quad (\text{اهم} \cdot \text{سانتی‌متر})$$

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

$$L = \frac{1}{R} = \frac{1}{\rho} \frac{A}{l} = k \frac{A}{l} \quad (۱۶-۲)$$

که  $\frac{1}{\rho}$  به نام هدایت مخصوص  $k$ ، است.

$$k = \frac{1}{\rho} \quad (۱۶-۳)$$

و  $k$  دارای واحد  $\text{ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$  می‌شود. گاهی  $\text{ohm}^{-1}$ ، مو (mho) نامیده می‌شود. جدول ۱۶-۱ هدایت مخصوص بعضی از مواد را نشان می‌دهد.

### ۱۶-۱- مقاومت مخصوص<sup>۱</sup> و هدایت مخصوص<sup>۲</sup>

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  $\rho$  را وارد کنیم، تساوی

۱۶-۱ به دست می‌آید:

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (۱۶-۱)$$

که در آن  $\rho$ ، ضریب تناسب است و مقاومت مخصوص نامیده می‌شود. اگر در رابطه‌ی ۱۶-۱،  $R$  بر حسب اهم،  $l$  بر حسب سانتی‌متر، و  $A$  بر حسب سانتی‌متر مربع باشد، یکای  $\rho$  بر حسب اهم  $\cdot$  سانتی‌متر ( $\Omega \cdot \text{cm}$ ) خواهد بود.

جدول ۱۶-۱- هدایت مخصوص بعضی از مواد در  $25^\circ \text{C}$

هدایت مخصوص $\Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$	جسم
$6/33 \times 10^5$	نقره
$5/80 \times 10^5$	مس
$2/21 \times 10^{-2}$	محلول سدیم کلرید $\frac{N}{10}$
$1/29 \times 10^{-2}$	محلول پتاسیم کلرید $\frac{N}{10}$
$4/0 \times 10^{-8}$	آب

۱- Specific resistance

۲- Specific Conductance

## ۲-۱۶- اندازه‌گیری هدایت الکترولیت‌ها

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

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

## ۳-۱۶- ثابت سل<sup>۱</sup>

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

$$k = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{RA}$$

در هدایت‌سنجی،  $l$  فاصله‌ی میان دو صفحه دو الکترود است و  $A$  سطح مقطع الکترودها می‌باشد. برای هر سلول  $l$  و  $A$  ثابت هستند و  $\frac{1}{A}$  ثابت سلول نامیده می‌شود. از طرفی می‌دانید،  $L = \frac{1}{R}$  می‌باشد. با توجه به آن

$$k = \frac{1}{A} L \quad (۴-۱۶)$$

مطابق رابطه‌ی ۴-۱۶ و برحسب تعریف، هدایت مخصوص یک الکترولیت هدایت توده‌ای از الکترولیت است که بین دو الکترود پلاتین با سطح مقطع  $1 \text{ cm}^2$  و موازی با یکدیگر به فاصله‌ی  $1 \text{ cm}$  قرار گرفته باشد. یعنی هر یک 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  $1 \text{ cm}^2$  و موازی با یکدیگر به فاصله‌ی  $1 \text{ cm}$  تهیه کنند. به این دلیل به وسیله‌ی یک الکترولیت مرجع مانند  $\text{KCl}$  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  $k = \left(\frac{1}{A}\right)L$  مقدار ثابت سلول را که برابر  $\frac{1}{A}$  است به دست می‌آورند. جدول ۲-۱۶ هدایت مخصوص محلول‌های  $\text{KCl}$  را برحسب  $\text{ohm}^{-1}\text{cm}^{-1}$  در چند دما نشان می‌دهد.

جدول ۲-۱۶- هدایت مخصوص محلول‌های  $\text{KCl}$  ( $\text{ohm}^{-1}\text{cm}^{-1}$ )

$l/A$ غلظت اکی والان	$^{\circ}\text{C}$	$18^{\circ}\text{C}$	$25^{\circ}\text{C}$
۱	۰/۰۶۵۴۳	۰/۰۹۳۸۲۰	۰/۱۴۷۳
۰/۱	۰/۰۰۷۱۵۴	۰/۰۱۴۹	۰/۰۱۲۸۸۶
۰/۰۱	۰/۰۰۰۷۹۵۱	۰/۰۰۱۲۲۲۷	۰/۰۰۱۴۱۱۴

## ۴-۱۶- تعیین غلظت یک محلول با روش

هدایت‌سنجی

هدف: اندازه‌گیری غلظت یک محلول با روش

هدایت‌سنجی

مواد لازم

۱- آب مقطر

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

۳- محلول  $\text{HCl}$  مجهول

ابزار لازم

۱- بورت  $50 \text{ mL}$  و متعلقات آن

۲- بالن حجمی  $100 \text{ mL}$

۳- بشر  $400 \text{ mL}$

۴- دستگاه هدایت‌سنج

۵- هم‌زن مغناطیسی و میله‌ی مغناطیسی

## ۶- استوانه‌ی مدرج

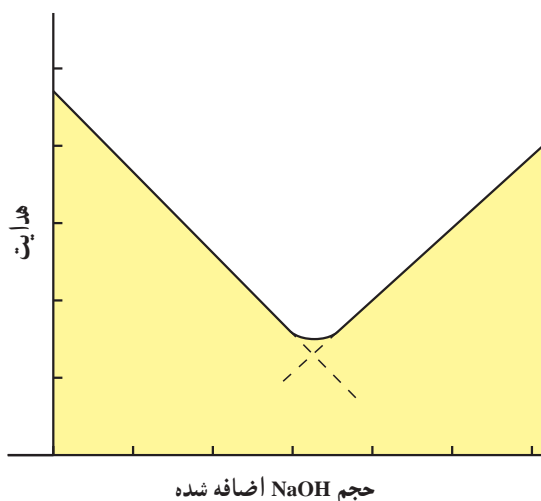
هدایت سنج را روشن کرده و اجازه دهید به مدت چند دقیقه گرم شود. آن‌گاه هدایت محلول را اندازه بگیرید (معمولاً ثابت سل هدایت سنج مشخص است) سپس هریار  $5\text{ mL}$  /  $0$  محلول  $\text{NaOH}$  ،  $2\text{ N}$  از بورت به بشر اضافه نمایید و هریار بعد از برقراری تعادل هدایت را اندازه بگیرید. افزایش سود را تا  $10\text{ mL}$  ادامه دهید. تغییرات حجم محلول اضافه شده را برحسب هدایت خوانده شده رسم کنید، نقطه اکی‌والان بر نقطه شکستگی منحنی حاصل منطبق است (شکل ۲-۱۶) حجم سود نظیر نقطه اکی‌والان را از منحنی تخمین بزنید و به کمک آن غلظت  $\text{HCl}$  مجهول را حساب کنید.

روش کار: بعد از به حجم رساندن یک نمونه‌ی مجهول، محلول  $\text{HCl}$  در بالن حجمی  $100\text{ mL}$  ،  $25\text{ mL}$  آن را به یک بشر  $400\text{ mL}$  منتقل کنید، با  $150\text{ mL}$  آب مقطر جوشیده‌ی سرد (با استفاده از استوانه‌ی مدرج) رقیق نمایید. بشر را روی یک همزن مغناطیسی قرار داده و میله‌ی مغناطیسی را درون آن قرار دهید.

الکتروود هدایت سنج را مطابق شکل ۳-۱۶ به آرامی در محلول وارد نمایید، به طوری که کاملاً به وسیله‌ی محلول پوشانده شود و با همزن محلول برخورد نداشته باشد. دستگاه



شکل ۱-۱۶- اندازه‌گیری هدایت یک محلول با دستگاه هدایت سنج



شکل ۲-۱۶- منحنی سنجش حجمی اسید و باز قوی به روش هدایت‌سنجی

## اسپکتروفوتومتری

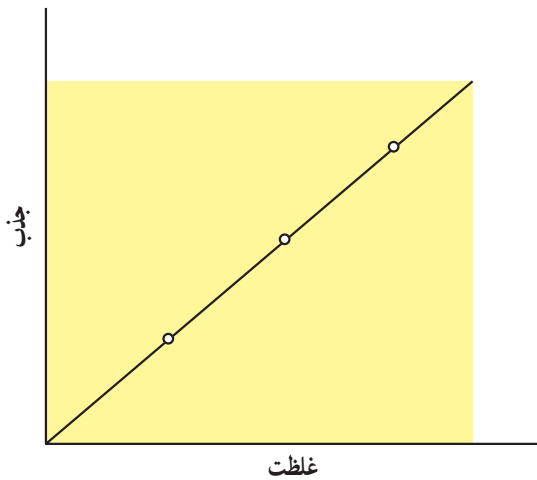
هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود بعد از انجام آزمایش این فصل بتواند:  
 - غلظت یک نمونه مجهول را به وسیله‌ی دستگاه اسپکتروفوتومتر تعیین کند.

### ۱۷-۱- نورسنجی<sup>۱</sup>

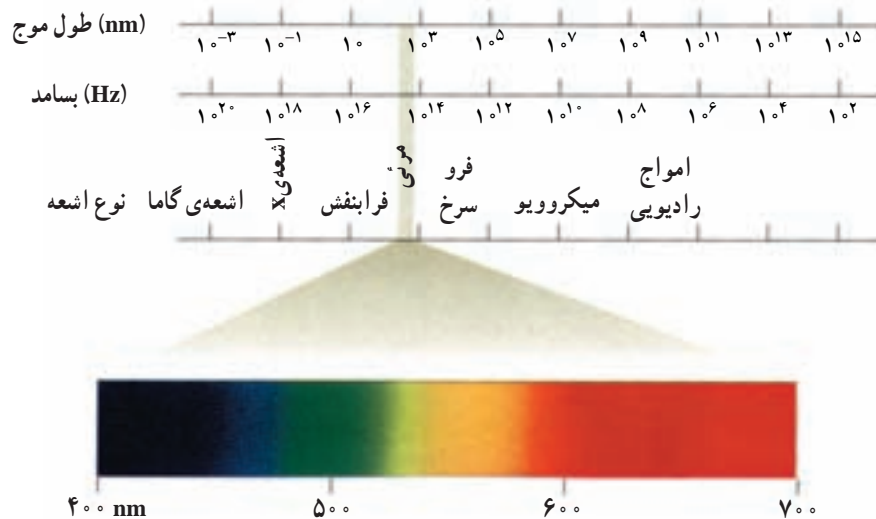
روشنی است که شدت نور عبور کرده از یک نمونه را با شدت نور تابیده شده مقایسه می‌کند. دستگاه اسپکتروفوتومتر براساس روش فتومتری ساخته شده است که به کمک آن می‌توان قسمت خیلی باریکی از طیف نور مرئی را جدا کرده و از این طریق می‌توان جذب نور به وسیله‌ی یک ماده را با دقت زیاد اندازه گرفت.

قدرت جذب نور در یک محلول با غلظت آن نسبت مستقیم

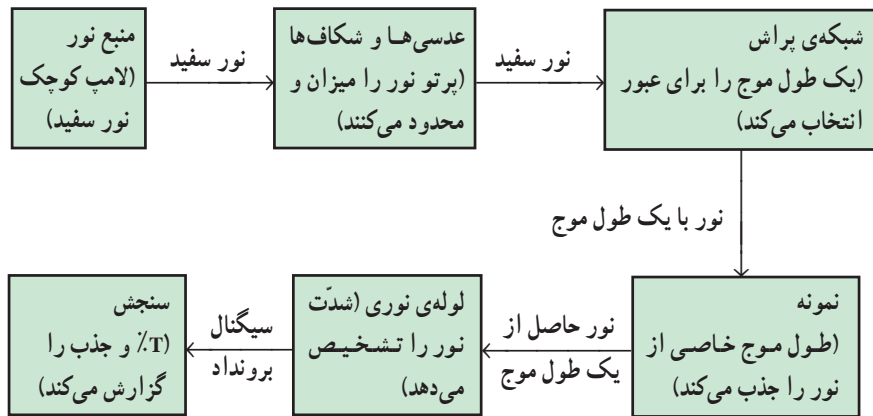
دارد (شکل ۱۷-۱).



شکل ۱۷-۱



شکل ۱۷-۲- طول موج رنگ‌ها در طیف مرئی

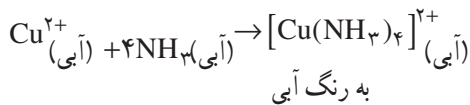


شکل ۳-۱۷- نمودار شمایی، اجزای یک رنگ‌سنج را نشان می‌دهد. نور حاصل از یک لامپ سفید به وسیله‌ی شبکه‌ی پراش به طول موج‌های سازنده‌اش شکسته می‌شود. نور با یک طول موج مشخص، ابتدا از یک نمونه آب خالص می‌گذرد. دستگاه بر روی ۱۰۰٪ عبور تنظیم می‌شود. سپس نور را از نمونه عبور می‌دهند و درصد عبور یا جذب مستقیماً از روی درجه‌بندی خوانده می‌شود.

## ۲-۱۷- اندازه‌گیری غلظت محلول $\text{Cu}^{2+}$ با روش اسپکتروفتومتری

به یک یون کمپلکس آبی رنگ تبدیل می‌شود. جذب این ماده در ناحیه‌ی مرئی (قرمز) زیاد و حداکثر جذب در طول موج ماکزیمم  $(\lambda_{\text{max}})$  حدود ۶۰۰ تا ۶۲۰ نانومتر است. در هر یون کمپلکس یک یون  $\text{Cu}^{2+}$  وجود دارد.

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



روش کار: ابتدا مطابق جدول ۱-۱۷ محلول‌های زیر را

تهیه کنید:

مواد لازم

۱- محلول  $0.1\text{M Cu}^{2+}$

۲- محلول  $\text{NH}_3$  غلیظ

۳- آب مقطر

ابزار لازم

۱- دستگاه اسپکتروفتومتر مرئی

۲- بالن حجمی  $10\text{mL}$ ،  $5$  عدد

۳- بورت  $5\text{mL}$  و متعلقات آن

در این آزمایش یون‌های  $\text{Cu}^{2+}$  در واکنش با آمونیاک

جدول ۱-۱۷- تهیه‌ی محلول‌های  $\text{Cu}^{2+}$  و  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$

شماره‌ی محلول	۱	۲	۳	۴	۵
mL محلول $0.1\text{M Cu}^{2+}$	۲/۰	۱/۶	۱/۲	۰/۸	۰
mL $\text{NH}_3$ غلیظ	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
آب مقطر تا حجم $10\text{mL}$	۷/۵	۷/۹	۸/۳	۸/۷	۹/۵
غلظت $\text{Cu}^{2+}$					
مقدار جذب (A)					

برید. با توجه به توصیه‌های مسؤل آزمایشگاه، مقدار جذب محلول‌های شماره‌ی ۱ تا ۴ را که از روی دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده‌اید در جدول ۱-۱۷ ثبت کنید. آن‌گاه مطابق شکل ۱-۱۷ منحنی جذب را برحسب غلظت، که یک منحنی استاندارد است، رسم کنید.

۱ mL از محلول مجهول  $\text{Cu}^{2+}$  را درون یک بالن حجمی ۱۰ mL بریزید. ۶ mL آب مقطر و ۰/۵ mL 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 به دست آورید. سپس با استفاده از منحنی استاندارد تهیه شده غلظت  $\text{Cu}^{2+}$  را در محلول مجهول تعیین کنید.

مطابق این جدول در بالن‌های حجمی ۱۰ mL با پی‌پت یا بورت به طور دقیق مقادیر داده شده از محلول  $10^{-4} \text{M Cu}^{2+}$  را بردارید. ۶ mL آب مقطر به هریک از آن‌ها بیفزایید و به هر کدام ۰/۵ mL آمونیاک غلیظ اضافه کنید و حجم هریک را تا خط نشانه به ۱۰ mL برسانید. توجه نمایید که در محلول شماره‌ی ۵ فقط آب مقطر و آمونیاک به حجم ۱۰ mL وجود دارد. از محلول شماره‌ی ۵ به عنوان شاهد<sup>۱</sup> برای تنظیم اسپکتروفتومتر برای عبور ۱۰۰٪ ( $A=0$ ) استفاده نمایید، آن‌گاه جذب نور به وسیله‌ی سایر محلول‌ها را در مقایسه با محلول شماره‌ی ۵ با دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین کنید.

دستگاه اسپکتروفتومتر را که بر روی طول موج ۶۲۰ nm تنظیم شده است، برای خواندن جذب (A) محلول‌ها به کار



شکل ۴-۱۷- دستگاه اسپکتروفتومتر مرئی

## تهیه‌ی محلول شناساگرها

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

۱- تورنسل: ۵/۰ گرم تورنسل خالص را در ۱۰۰ mL آب جوش حل کنید.

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

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

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

۵- سدیم دی فنیل آمین سولفونات: ۲/۰ گرم سدیم

دی فنیل آمین را در ۱۰۰ mL آب حل کنید:

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

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

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

## منابع و مأخذ

- ۱- S.SHAPIRO Ya. GURVICH ANALYTICAL CHEMISTRY.
- ۲- اسپکترسکپی تجزیه‌ای : تألیف دکتر محمد ادیسی، مهندس بهرام ناصر نژاد.
- ۳- Modern Chemical analysis and instrumentation. H. F Walton. J.Reyes. (1973)
- ۴- Experimental chemistry Michell J. sienko, Robert A. plane.
- ۵- شیمی تجزیه تألیف : محمد امیری، قدرت‌الله آسالان
- ۶- شیمی دستگاهی، تألیف : محمد امیری، محسن کدیور
- ۷- شیمی دستگاهی : تألیف محمد امیری، قدرت‌الله هاشمی
- ۸- شیمی فیزیک، تألیف : محمد امیری، غلامحسین سعیدی
- ۹- الکتروشیمی برای مهندسين، تألیف : دکتر حسین پازنده
- ۱۰- Vogel, A.I; Quantitative inorganic chemistry, Longmans, 3rd ed, (1961)
- ۱۱- مبانی شیمی تجزیه جلد اول : اسکوگ، وست. ترجمه‌ی دکتر هوشنگ خلیلی
- ۱۲- مبانی شیمی تجزیه جلد دوم : اسکوگ، وست. ترجمه‌ی دکتر سلاجقه، دکتر نجفی
- ۱۳- آزمایشگاه شیمی، تألیف مهندس ناصر فرزاد

