



استاندارد کردن محلول‌ها و سنجش حجمی^۱ اسید – باز

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

- ۱- محلولی با غلظت مشخص تهیه کند.
- ۲- غلظت محلول تهیه شده را با استفاده از محلول استاندارد مورد سنجش قرار دهد.
- ۳- واکنش خنثی شدن را تعریف کند.
- ۴- با انتخاب شناساگر مناسب عیارسنجی اسید و باز را انجام دهد.

- ۴-۱- تهیه‌ی محلولی با غلظت معین و سنجش آن با یک محلول استاندارد
- استاندارد کردن به معنای سنجش غلظت دقیق محلول‌هاست. در بسیاری از آزمایش‌ها داشتن محلولی که غلظت دقیق آن را بدانیم لازم و ضروری است و احتمالاً کلیه‌ی محاسبات ما براساس غلظت همین محلول‌ها خواهد بود. بنابراین، داشتن یک محلول با غلظت معلوم شرط لازم و اساسی است. برای این منظور، از محلول‌هایی به نام استاندارد استفاده می‌کنیم که خود این محلول‌های استاندارد به وسیله‌ی محلول‌های استاندارد اولیه استاندارد شده‌اند.

مطالعه‌ی آزاد

- موادی که به عنوان استاندارد اولیه مورد استفاده قرار می‌گیرند باید دارای ویژگی‌های زیر باشند:
- الف – دارای درجه‌ی خلوص بالا باشند.
 - ب – در حلال به عنوان مثال در آب تولید محلول حقیقی نمایند.
 - ج – در مقابل عوامل جوّی پایدار باشند.
 - د – واکنش ماده‌ای که به عنوان استاندارد اولیه به کار می‌رود، باید نسبت به محلول مورد سنجش کامل بوده (قوانین برتوله) و تعادلی نباشد.
 - ه – تا سرحدّ ممکن جاذب الرطوبه نباشد.
 - و – ارزان قیمت باشد.
 - ز – در محیط تیتراسیون (عیارسنجی)، حل شود.
 - ح – دارای وزن مولکولی بالا باشد تا خطاهای ناشی از وزن کردن به حدّ اقل برسد.
- تعداد موادی که به عنوان استاندارد اولیه به کار می‌روند غالباً محدود است و معمولاً برای استاندارد کردن بازها از بنزوئیک اسید^۲ و پتاسیم هیدروژن فتالات^۳، برای اسیدها از سدیم کربنات و برای پتاسیم پرمنگنات از پتاسیم اگسلات^۴ یا اگسالیک اسید^۵ استفاده می‌شود.

۱- Titration

۲- Benzoic acid, C_6H_5COOH

۳- $KHC_8H_4O_6$

۴- $K_2C_2O_4$

۵- $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$

۲-۴- آزمایش تهیه‌ی محلول هیدروکلریک اسید و استاندارد کردن آن با محلول سدیم کربنات

مواد لازم

۱- هیدروکلریک اسید غلیظ

۲- سدیم کربنات

۳- فنل فتالین

۴- متیل اوراتر (هلیانتین)

ابزار لازم

۱- پی‌پت مدرج ۵mL

۲- بورت ۵۰mL

۳- اسپاتول

۴- ترازوی دقیق با دقت ۰/۰۱g

هدف: آشنایی با تهیه‌ی محلول‌ها و استاندارد کردن آن‌ها.

روش کار: با توجه به مشخصات روی ظرف هیدروکلریک

اسید تجارتي غلیظ، از آن در یک بالن حجمی (بالن ژوژه)،

۱۰۰mL یا ۲۵۰mL محلول $\frac{N}{10}$ به شرح زیر تهیه نمایند :

به عنوان مثال، اگر این اسید تجارتي با غلظت ۳۷٪ وزنی

خالص باشد و با وزن حجمی ۱/۱۹g/mL باشد. به این ترتیب،

وزن یک میلی لیتر (۱mL) از این اسید ناخالص برابر ۱/۱۹g است،

که وزن اسید خالص در آن را که با x نشان می‌دهیم برابر است با :

خالص	ناخالص
۳۷g	۱۰۰g
x	۱/۱۹

$$\rightarrow x = 0.4403g$$

و در یک لیتر این اسید ۴۴۰/۳g اسید خالص وجود دارد.

اکنون کوشش می‌کنیم تا نرمالیه اسید را پیدا کنیم، می‌دانید که

وزن ۱ مول اسید خالص ۳۶/۵g است. بنابراین در یک لیتر از

این اسید تقریباً ۱۲ مول اسید خالص وجود دارد.

$$\text{مول } 12 = \frac{36}{5} = 440/3$$

یعنی مولاریته‌ی آن برابر ۱۲ است که به صورت ۱۲M

نشان داده می‌شود. رابطه‌ی بین مولاریته و نرمالیه عبارت است

از: $M = \frac{N}{n}$ که در آن M مولاریته، N نرمالیه و n ظرفیت

اسید است و چون اسید یک ظرفیتی می‌باشد، نرمالیه با مولاریته‌ی

آن برابر است. یعنی این اسید ۱۲N می‌باشد. حال از آن ۲۵۰

میلی لیتر محلول $\frac{N}{10}$ به شرح زیر تهیه کنید :

$$N_1 = 12, V_1 = ? \quad N_2 = 0.1, V_2 = 250 \text{ mL}$$

$$N_1 V_1 = N_2 V_2 \quad \text{با استفاده از رابطه‌ی}$$

$$12 \times V_1 = 0.1 \times 250, \quad V_1 = 2.08 \approx 2.1 \text{ mL}$$

بدین ترتیب ۲/۱mL هیدروکلریک اسید غلیظ ۳۷٪ وزنی

با $d = 1.19 \text{ g/mL}$ را به وسیله‌ی یک پی‌پت مدرج به یک بالن

حجمی ۲۵۰mL که قبلاً تمیز شده است و در آن در حدود

۲۰mL آب مقطر ریخته‌اید منتقل نمایید. سپس با به هم زدن آنقدر

آب مقطر اضافه نمایید تا حجم محلول به خط نشانه برسد. قسمت

هلالی محلول در گردن بالن حجمی باید مماس با خط نشانه

باشد. به این ترتیب محلول هیدروکلریک اسید با نرمالیه‌ی

تقریبی ۰/۱ تهیه کرده‌اید.

برای استاندارد کردن محلول اسید تهیه شده، از محلول

سدیم کربنات استاندارد که از مسئول آزمایشگاه تحویل می‌گیرید

استفاده کنید.

برای ادامه‌ی این آزمایش ۱۰mL محلول استاندارد را

به کمک پی‌پت ۱۰ میلی لیتری به داخل یک ارلن منتقل کنید و

دو قطره فنل فتالین به آن بیفزایید، سپس یک بورت ۵۰ میلی لیتری

را از محلول اسید تهیه شده پر کنید و آن را روی صفر تنظیم

نمایید. سپس به تدریج با دقت از محلول اسید داخل بورت

به محلول داخل ارلن اضافه کنید و مخلوط حاصل را به آرامی به

هم بزنید و این کار را تا از بین رفتن رنگ ارغوانی محلول

داخل ارلن ادامه دهید. پس از آن حجم محلول اسید به کار رفته

را به دقت یادداشت کنید.

اگر نرمالیه سدیم کربنات استاندارد به کار رفته N باشد و

حجم اسید مصرفی V_1 باشد، آنگاه از معادله‌ی زیر برای محاسبه

نرمالیه‌ی اسید (N.) استفاده کنید.

$$N \times 10 = V_1 \times N_1 \quad N_1 = \frac{10 \times N}{V_1}$$

بورت را با گیره‌ی دوشاخه‌ی مخصوص بورت به میله‌ی

پایه نصب کنید. مقداری آب مقطر با قیف درون آن بریزید و قبل

از انجام آزمایش چند بار با آن کار کنید.

به خاطر بسپارید که شیر بورت باید با گریس چرب شده

باشد و همیشه قبل از خواندن عدد بورت پر باشد. اگر حباب‌های هوا وجود دارد، شیر بورت را باز کنید که هوا به آرامی و با فشار محلول خارج شود^۱. وقتی که عدد بورت خوانده می‌شود، چشم شما باید در امتداد سطح زیرین محلول موجود در بورت قرار گیرد.

شکل ۴-۱ یک نمونه سنجش حجمی را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱

۴-۳- آزمایش خنثی شدن یک محلول اسید با یک محلول باز و برعکس با توجه به انتخاب شناساگر مناسب اسیدسنجی^۲ و قلیاسنجی^۳

مواد لازم

۱- ۳۰۰ mL آب مقطر

۲- ۲۵ mL محلول H_2SO_4 به غلظت معین (۰/۰۵M)

۳- ۲۵ mL محلول NaOH ۱M

۴- ۱ mL محلول فنل فتالئین

۵- ۷۵ mL محلول H_2SO_4 به غلظت مجهول

ابزار لازم

۱- بورت ۵۰ mL

۲- بی پت ۵ mL

۳- ارلن ۲۵۰ mL یا ۵۰۰ mL

۴- بشر ۲۵۰ mL

۵- پایه و میله و گیره بورت

۶- قطره چکان

در تیتراسیون اسید-باز، تعداد اکی‌والان اسید که وارد واکنش می‌شود، درست برابر با تعداد اکی‌والان‌های باز است از این رو

(۱) تعداد اکی‌والان اسید = تعداد اکی‌والان باز

رابطه‌ی (۱) را می‌توان به صورت زیر نوشت :

$$V_{\text{باز}} \times N_{\text{باز}} = V_{\text{اسید}} \times N_{\text{اسید}} \quad (۲)$$

هدف: تعیین غلظت یک محلول باز به وسیله‌ی یک

محلول اسید استاندارد و برعکس، با روش تیتراسیون از طریق واکنش خنثی شدن.

آزمایش ۱- استاندارد کردن محلول سود: ۱۰ mL

محلول استاندارد سولفوریک اسید یا هیدروکلریک اسید را با استوانه‌ی مدرج ۱۰ mL بردارید و درون یک ارلن مایر ۱۲۵ mL یا ۲۵۰ mL بریزید^۴. نرمالیتی این محلول اسیدی را یادداشت کنید. دو قطره محلول فنل فتالئین به این محلول افزوده و به آرامی محلول بازی به آن بیفزایید پیوسته و به آرامی ارلن مایر را هم زده و محلول بازی را از بورت آنقدر بیفزایید تا رنگ صورتی کمرنگ (ارغوانی) ظاهر شود. حجم بورت را خوانده و یادداشت نمایید. این آزمایش را ۳ بار دیگر تکرار کرده و نرمالیتی محلول بازی را محاسبه نمایید.

آزمایش ۲- تعیین نرمالیتی یک محلول اسید

مجهول به وسیله‌ی محلول استاندارد سود: ۱۰ mL از یک محلول اسیدی با نرمالیتی مجهول بردارید. حجم این محلول را با آب مقطر به ۱۰۰ mL (چرا؟) رسانده و خوب هم بزنید. سپس ۲۵ mL از این محلول را در یک ارلن مایر بریزید و دو قطره

۱- Jet

۲- Acidimetry

۳- Alkalimetry

۴- در سنجش‌های حجمی دقیق باید محلول اسید را به کمک بی‌پت حبابدار ۱۰ mL برداشت.

نام معرف	رنگ	pH ناحیه تغییر رنگ
متیل اورانژ (نارنجی متیل یا هلیانتین)	از قرمز به زرد	از ۳/۲-۴/۴
قرمز متیل	از قرمز به زرد	از ۴/۲-۶/۳
فنل فتالین	از بی رنگ به ارغوانی	از ۸/۲-۱۰/۸
تورنسل	از گلی به آبی	از ۵/۵-۸/۵
برموتیمول آبی	از زرد به آبی فیروزه‌ای	از ۶/۶-۷/۶
تیمول فتالین	از بی رنگ به آبی	از ۹/۴-۱۰/۶



pH ۸/۲

pH ۱۰/۰

فنل فتالین



pH ۶/۰

pH ۷/۶

برموتیمول آبی



pH ۴/۴

pH ۳/۲

متیل اورانژ



pH ۹/۴

pH ۱۰/۶

تیمول فتالین

شکل ۲-۴ رنگ‌های برخی از شناساگرهای معمولی اسید-باز در pH های مختلف (محیط‌های اسیدی و قلیایی)

رابطه‌ای که برای محاسبه مورد استفاده قرار می‌گیرد، رابطه‌ی :

$$N_{\text{باز}} \times V_{\text{باز}} = N_{\text{اسید}} \times V_{\text{اسید}}$$

می‌باشد.

محلول فنل فتالین به آن اضافه کنید و مانند آزمایش ۱ عمل نمایید. این آزمایش را ۲ بار دیگر تکرار کرده و نرمالیتی محلول اسید مجهول را با استفاده از نرمالیتی باز معلوم محاسبه نمایید.

پاسخ نامه

- ۱- محلول استاندارد H_2SO_4 N
 ۲- محلول استاندارد HCl N
 ۳-۱ استاندارد کردن محلول NaOH

اسید استاندارد باز

- عدد نهایی بورت mL mL
 عدد اولیه ی بورت mL mL
 حجم محلول mL mL
 ۳-۲ عدد نهایی بورت mL mL
 عدد اولیه ی بورت mL mL
 حجم محلول mL mL
 ۴- نرمالیتته ی محلول NaOH

مرحله ی ۱ # N N مرحله ی ۲ # N
 میانگین N

۵-۱ استاندارد نمودن محلول اسید مجهول

- محلول اسید باز استاندارد
 عدد نهایی بورت mL mL
 عدد اولیه ی بورت mL mL
 حجم محلول mL mL
 ۵-۲ عدد نهایی بورت mL mL
 عدد اولیه ی بورت mL mL
 حجم محلول mL mL
 ۶- نرمالیتته ی محلول اسید

مرحله ی ۱ # N N مرحله ی ۲ # N
 میانگین N

۴-۴ تعیین مقدار اسید در سرکه

مقدار کل اسید سرکه را می توان به وسیله ی سنجش حجمی با محلول استاندارد باز تعیین کرد. با اینکه اسیدهای دیگری نیز وجود دارند، اما نتایج سنجش حجمی را معمولاً برحسب استیک اسید که اسید اصلی سرکه است، گزارش می کنند.

مواد لازم

۱- سرکه

۲- NaOH، ۱N، ° استاندارد شده

۳- فنل فتالین

ابزار لازم

- ۱- بورت، پایه و گیره
 ۲- پی پت
 ۳- بالون حجمی ۲۵° mL
 ۴- ارلن
 ۵- قطره چکان

روش کار: ۲۵mL سرکه را با پی‌ت به داخل بالون حجمی ۲۵۰mL منتقل کنید و با آب مقطر به حجم برسانید. خوب مخلوط کنید و ۵۰mL از آن را به یک ارلن منتقل کنید. ۲ قطره فنل فتالین بیفزایید تا ظاهر شدن رنگ صورتی ثابت، از بورت سود به آن اضافه کنید و از روی حجم سود مصرف شده و با توجه به واکنش زیر مقدار اسید را معلوم کنید.

$$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$$

مقدار کل اسید را به صورت گرم‌های CH_3COOH در ۱۰۰mL نمونه (W/V) محاسبه کنید.

پرسش و تمرین

- ۱- فرض کنید یک هنرجوی رشته‌ی صنایع شیمیایی بعد از سنجش حجمی نرمالیت‌ی یک محلول بازی را به جای ۱۳N/۰ مقدار ۱۵N/۰ گزارش کرده است. این خطا چه اثری در نرمالیت‌ی محلول اسیدی با نرمالیت‌ی مجهول خواهد داشت؟
- ۲- چند میلی‌لیتر محلول سود ۱۷N/۰ برای خنثی کردن ۲۵/۵mL محلول هیدروکلریک اسید ۱۲N/۰ لازم است؟
- ۳- چند میلی‌لیتر محلول NaOH ۱۲N/۰ برای سنجش ۹۰mg از یک اسید یک عاملی (منوپروتیک) با جرم مولکولی ۴۰ لازم است؟
- ۴- نرمالیت‌ی محلولی را که با افزودن ۱/۶ گرم اسید پرسش شماره‌ی ۳ در تهیه‌ی محلولی به حجم ۴۰۰mL به کار رفته است، به دست آورید.
- ۵- جرم ۲/۶meq از اسید سؤال شماره‌ی ۳ را تعیین کنید.