



## تعیین pH محلول چند ترکیب که هیدرولیز می‌شوند و تهیه‌ی محلول‌های تامپون و کاربرد آن

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

۱- با توجه به مفهوم pH، چند ترکیب را که هیدرولیز می‌شوند، تعیین کند.

۲- مفهوم هیدرولیز را توضیح دهد.

۳- محلول‌های تامپون را تهیه کند.

### ۱-۵- آزمایش تعیین pH محلول‌های اسید و باز

مواد لازم

۱- هیدروکلریک اسید ۰/۰۱M

۲- محلول اسید ضعیف ۰/۰۱M

۳- سدیم هیدروکسید ۰/۰۱M

۴- محلول باز ضعیف ۰/۰۱M

۵- آب مقطر جوشیده

۶- کاغذ pH

۷- شناساگرهای متیل اورانژ- تورنسل - فنل فتالین-

برموتیمول آبی

ابزار لازم

۱- ۵ عدد لوله‌ی آزمایش و جا لوله‌ای

۲- قطره چکان

۳- بالن حجمی و بی‌پت

روش کار: ۵ لوله آزمایش تمیز بردارید و تا ارتفاع  $\frac{1}{3}$

آن‌ها به ترتیب از محلول‌های فوق بریزید و در جا لوله‌ای قرار دهید (با استفاده از برچسب، هر محلول را در لوله مشخص کنید). سپس یک تکه کاغذ pH در هر یک از آن‌ها قرار دهید.

به کمک جدول رنگی روی جعبه کاغذ pH هر یک را مشخص کنید. سپس کاغذ pH را خارج کرده ۲ قطره متیل اورانژ به هر

یک از آن‌ها اضافه کنید با توجه به تغییر رنگ pH را تعیین کنید و در جدول ۱-۵ ثبت نمایید. سپس محتوای لوله‌ها را در محل

مناسب خالی کنید. پس از شستشو با آب مقطر، این عمل را برای شناساگرهای دیگر تکرار کنید و جدول را کامل کنید.

جدول ۱-۵

pH	برموتیمول آبی رنگ - pH	تورنسل رنگ - pH	فنل فتالین رنگ - pH	متیل اورانژ رنگ - pH
				HCl
				اسید ضعیف
				آب مقطر
				NaOH
				باز ضعیف

## ۲-۵ - آزمایش هیدرولیز<sup>۱</sup> (آبکافت)

مواد لازم

۱- سدیم کلرید

۲- سدیم استات

۳- مس (II) نیترات

۴- روی کلرید

۵ - سدیم سولفید

۶ - کاغذ pH و شناساگرهای آزمایش قبل

ابزار لازم

۱- ۵ لوله‌ی آزمایش و جالوله‌ای

۲- استوانه‌ی مدرج یا بالن حجمی برای تهیه‌ی محلول‌های

یک مولار از مواد فوق

## ۳-۲ - قطره چکان

روش کار: ۵ لوله آزمایش تمیز بردارید و در جالوله‌ای

قرار دهید. ۵mL محلول یک مولار سدیم کلرید در هر یک از

آن‌ها بریزید. یک تکه کاغذ pH در اولی قرار دهید و ۲ قطره از

شناساگرهای متیل اورانژ، فنل فتالین، تورنسل و برموتیمول آبی

را به ترتیب به لوله‌های بعدی اضافه کنید. سپس به دقت آن‌ها را

مشاهده کنید. با توجه به تغییر رنگ کاغذ pH و شناساگرهای

به کار برده شده، pH محلول را تعیین کنید و نتایج را در جدول

۲-۵ ثبت کنید.

این آزمایش را برای محلول‌های یک مولار بقیه‌ی مواد

فوق تکرار کنید و جدول ۲-۵ را کامل کنید.

جدول ۲-۵

pH	برموتیمول آبی	تورنسل	فنل فتالین	متیل اورانژ
				$H_2O$
				NaCl
				$CH_3COONa$
				$Cu(NO_3)_2$
				$ZnCl_2$
				$Na_2S$

## ۳-۵ - آزمایش آمفوتریسم<sup>۲</sup>

مواد لازم

۱-  $CaCl_2$  ، ۱M

۲-  $ZnCl_2$  ، ۰/۵M

۳-  $KAl(SO_4)_2$  ، ۰/۲M

۴- NaOH ، ۶M

۵- HCl ، ۲M

ابزار لازم

۱- لوله‌ی آزمایش

۲- پی‌پت

روش کار: هر یک از محلول‌های  $CaCl_2$  ،  $ZnCl_2$  و

$KAl(SO_4)_2$  را برای بررسی آمفوتریسم به شرح زیر تست

نمایید. ۵ mL از محلول را در یک لوله‌ی آزمایش بریزید و

قطره قطره محلول سود به آن اضافه کنید تا هیدروکسید غیر محلول

رسوب نماید. رسوب حاصل را در دو لوله‌ی آزمایش دو قسمت

نمایید. به یکی محلول HCl و به دیگری محلول NaOH بیفزایید

و مشاهدات خود را ثبت نمایید.

## ۴-۵ - آزمایش تهیه‌ی محلول‌های تامپون و کاربرد آن

محلول‌هایی که شامل یک اسید ضعیف و نمک آن اسید

ضعیف مانند  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COO}^- \text{Na}^+$ ، یا شامل یک باز ضعیف و نمک همان باز ضعیف، مانند،  $\text{NH}_4\text{Cl}$  و  $\text{NH}_4\text{OH}$  هستند و در برابر تغییرات pH مقاومت می کنند، محلول های بافر (تامپون) نامیده می شوند.

هدف: درک محلول های بافر و کاربرد آن با توجه

### به مفهوم pH

#### مواد لازم

- ۱- استیک اسید
- ۲- سدیم استات
- ۳- بوراکس
- ۴- بوریک اسید،  $\text{H}_3\text{BO}_3$
- ۵- سدیم کلرید
- ۶- کاغذ pH

#### ابزار لازم

- ۱- دستگاه pH متر
- ۲- بالن حجمی، ۵۰، ۱۰۰، و ۲۵۰ mL
- روش کار: تهیه ی چند محلول بافر از pH (۴ تا ۹) به شرح

زیر:

الف - ابتدا محلول های زیر را در حجم ۱۰۰ میلی لیتر تهیه نمایید.

- ۱- محلول  $\text{N}/5$  استیک اسید
- ۲- محلول  $\text{N}/5$  سدیم استات

- ۳- محلول  $\text{M}/4$  بوراکس  $(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O})$ .
- ۴- محلول  $\text{M}/5$  بوریک اسید +  $\text{NaCl}$  ( $\text{H}_3\text{BO}_3$  ۱۲/۴۰g +  $\text{NaCl}$  ۲/۹۳g در یک لیتر).
- ۶ بطری را خوب تمیز و خشک کنید و روی آن ها بر حسب pH = ۴ تا pH = ۹ بچسبانید، با بورت، محلول های با مشخصات زیر تهیه نمایید.

- pH = ۴ : استیک اسید  $\text{N}/5$  ۱۶/۴mL + سدیم استات  $\text{N}/5$  ۳/۶mL محلول
  - pH = ۵ : استیک اسید  $\text{N}/5$  ۵/۹mL + سدیم استات  $\text{N}/5$  ۱۴/۱mL
  - pH = ۶ : استیک اسید  $\text{N}/5$  ۰/۹mL + سدیم استات  $\text{N}/5$  ۱۹/۱mL
  - pH = ۷ : بوراکس  $\text{M}/4$  ۱/۲mL +  $\text{NaCl}$  بوریک اسید  $\text{M}/5$  ۱۸/۸mL
  - pH = ۸ : بوراکس  $\text{M}/4$  ۵/۵mL +  $\text{NaCl}$  بوریک اسید  $\text{M}/5$  ۱۴/۵mL
  - pH = ۹ : بوراکس  $\text{M}/4$  ۱۶mL +  $\text{NaCl}$  بوریک اسید  $\text{M}/5$  ۴mL
- pH هر کدام از محلول های فوق را می توانید به وسیله ی کاغذ pH یا به وسیله ی دستگاه pH متر که قبلاً به طور دقیق تنظیم شده است، تعیین کنید.

## فعالیت

تغییرات PH هر یک از محلول های فوق را در مقابل افزایش اسید و یا باز بررسی کنید.

### ۵-۵ کاربرد محلول های بافر

یک محلول بافر با pH معین یک رسوب تشکیل و در pH دیگر همان رسوب حل خواهد شد که در فصل ۶ مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

- ۱- داروسازی ۲- بیوشیمی که در کتاب شیمی تجزیه تشریح شده است ۳- کالیبره کردن pH متر. ضمناً با به کار بردن

## پرسش و تمرین

- ۱- از بررسی جدول ۱-۵ چه نتایجی به دست می‌آورد؟
- ۲- از بررسی جدول ۲-۵ چه نتایجی به دست می‌آورد؟
- ۳- در مورد آمفوتریسم برای  $\text{Ca(OH)}_2$ ،  $\text{Zn(OH)}_2$  و  $\text{Al(OH)}_3$  مشاهدات خود را گزارش نمایید. چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟
- ۴- نشان دهید محلولی که دارای  $1/5$  گرم  $\text{NaCl}$  در  $25\text{mL}$  محلول می‌باشد یک مولار است.
- ۵- واکنش بین  $1$  مول یون  $\text{Al(H}_2\text{O)}_6^{3+}$  با  $3$  مول  $\text{OH}^-$  را با به کار بردن اصطلاح اسید و باز برونشند توضیح دهید.
- ۶- فرض کنید که عنصر  $M$  سه اکسید به فرمول‌های  $M_2O$ ،  $M_2O_3$  و  $MO$  تشکیل می‌دهد که یکی از آن‌ها آمفوتر است. براساس مشاهدات خود در آزمایش بگویید که کدام یک آمفوتر است و چرا؟
- ۷- کدام یک از یون‌های ترکیب  $\text{KAl(SO}_4)_2$  هیدرولیز می‌شوند؟ معادله یا معادلات واکنش هیدرولیز را برای آن بنویسید.
- ۸- مقادیر  $\text{pH}$  و  $\text{pOH}$  را برای محلول‌های بافر که غلظت‌های اجزای سازنده‌ی آن‌ها برابر و در جدول زیر مندرج شده است، به دست آورید.

محلول بافر	$\text{HNO}_2 + \text{NO}_2^-$	$\text{HCO}_2^- + \text{CO}_3^{2-}$	$\text{HCOOH} + \text{HCOO}^-$	$\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4^+$
$\text{pH}$	$3/29$	$10/31$		
$\text{pOH}$	$10/71$	$3/61$		

$$K_a(\text{HCOOH}) = 1/8 \times 10^{-4}, \quad \text{p}K_a = 3/75, \quad K_a(\text{NH}_4^+) = 5/7 \times 10^{-10}$$

- ۹-  $\text{pH}$  یک محلول بافر که از مخلوط شدن حجم‌های مساوی از محلول‌های  $0.1\text{M}$  پروپانویک اسید ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ ) و محلول  $0.1\text{M}$  سدیم پروپانوات حاصل می‌شود، چه مقدار است؟

$$K_a = 1/3 \times 10^{-5} \text{ (پروپانویک اسید)}$$

- ۱۰- غلظت یون هیدروژن در یک محلول بافر به کدام صورت زیر درست است؟

$$\text{الف) } [\text{H}^+] = K_a [\text{نمک}] \quad \text{ب) } [\text{H}^+] = K_a [\text{اسید}]$$

$$\text{ج) } [\text{H}^+] = K_a [\text{اسید} + \text{نمک}] \quad \text{د) } [\text{H}^+] = K_a \frac{[\text{اسید}]}{[\text{نمک}]}$$

$$\text{ه) } [\text{H}^+] = \frac{[\text{نمک}]}{[\text{اسید}]}$$



## قابلیت حل شدن و رسوب‌گیری

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

- ۱- قابلیت حل شدن هر ترکیب مانند اگسالیک اسید را تعیین نماید.
- ۲- با انجام آزمایش‌های رسوب‌گیری درصد یک عنصر را در یک ترکیب از طریق تجزیه‌ی وزنی به‌دست آورد.

در دمای  $20^{\circ}\text{C}$  تنظیم شده است، قرار دهید. حدود نیم‌ساعت آن را هم بزنید.

پس از آن محلول به‌دست آمده را به حال خود بگذارید تا اسید حل نشده ته‌نشین شود. سپس به کمک یک پی‌پت ۵ میلی‌لیتری، ۵ میلی‌لیتر از محلول اشباع شفاف را به یک شیشه‌ی ساعت که قبلاً وزن شده است، منتقل کنید. سریع شیشه‌ی ساعت و محتویات آن را وزن کنید. آن‌گاه شیشه‌ی ساعت را روی حمام بخار قرار دهید و تا رسیدن به یک وزن ثابت خشک کنید، از روی وزن‌های محلول و اگسالیک اسید خشک، وزن آب را به‌دست آورده و از آنجا قابلیت حل شدن را برحسب گرم در  $100\text{ g}$  حلال در دمای مورد آزمایش محاسبه نمایید.

حلالیت اگسالیک اسید را در دماهای  $3^{\circ}$ ،  $35^{\circ}$ ،  $40^{\circ}$ ،  $45^{\circ}\text{C}$  و  $5^{\circ}\text{C}$  اندازه بگیرید. منحنی حلالیت را رسم کنید. اگر شکستی در منحنی حاصل می‌شود، آن را توجیه نمایید. از روی منحنی به دست آمده، قابلیت حل شدن اگسالیک اسید را در دماهای  $27^{\circ}\text{C}$  و  $6^{\circ}\text{C}$  به‌دست آورید.

### ۲-۶ — آزمایش رسوب‌گیری

هدف: از طریق انجام این آزمایش، ضمن اینکه با فرآیند رسوب‌گیری آشنا می‌شوید، به‌وسیله‌ی سنجش وزنی (گراویمتری) می‌توانید با روش‌های رسوبی، درصد یک عنصر را در یک ترکیب

### ۱-۶ — آزمایش قابلیت حل شدن اگسالیک اسید<sup>۱</sup> در آب

حلالیت یک ترکیب در آب معمولاً با تغییر دما، تغییر می‌کند. هر ترکیب حلالیت مربوط به خود را دارد. در این آزمایش، قابلیت حل شدن اگسالیک اسید را در دماهای متفاوت تعیین خواهید کرد. با انجام این کار به سادگی دمایی را که مخلوط‌های متفاوت اگسالیک اسید و آب محلول‌های سیر شده تشکیل می‌دهند، تعیین خواهید کرد.

هدف: درک مفهوم قابلیت حل شدن و شرایط حاکم بر آن و قابلیت حل شدن یک جامد در یک مایع در دماهای مختلف متفاوت است و معمولاً با افزایش دما قابلیت حل شدن جامد در مایع افزایش می‌یابد.

#### مواد لازم

۱- اگسالیک اسید

۲- آب مقطر

#### ابزار لازم

۱- شیشه‌ی ساعت

۲- بشر  $250\text{ mL}$

۳- سرنگ  $5\text{ mL}$  یا پی‌پت فشنگی

روش کار:  $100\text{ mL}$  آب مقطر و  $30\text{ g}$  اگسالیک اسید

را درون یک بشر  $200\text{ mL}$  بریزید. آن را روی حمام بخار که

۱- Solubility

۲- Oxalic acid,  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

تعیین نمایید. این روش وقت زیادی می‌گیرد، اما دقیق است و منظور اصلی از رسوب‌گیری، جدا کردن فاز جامد خالص به شکل فشرده و متراکم آن است که بتوان به سادگی آن را صاف کرد.

#### مواد لازم

۱- سنگ نمک

۲- نقره نیترات ۱٪

۳- آب مقطر

۴- نیتریک اسید ۲۵٪

#### ابزار لازم

۱- بشر ۲۵۰ mL

۲- همزن شیشه‌ای

۳- کاغذ صافی

۴- قیف شیشه‌ای

۵- قیف بوختر

۶- ارلن بوختر

۷- ارلن ۲۵۰ mL

۸- پمپ خلأ

۹- خرطوم آبی

۱۰- گیره‌ی مدور و پایه‌ی مجهز به میله

۱۱- پی‌پت ۵ mL

روش کار: سنگ نمک، NaCl، طبیعی را در یک هاون

چینی تمیز و خشک نرم کنید. حدود ۴/۰ گرم آن را در یک بشر ۲۵۰ mL در ۱۰۰ mL آب مقطر در دمای آزمایشگاه حل کنید (بین ۳۰°C - ۲۵). سپس ۵ mL محلول نیتریک اسید ۲۵٪ اضافه نمایید و هم بزنید. با افزایش محلول نقره‌ی نیترات ۱٪، یون کلرید به صورت AgCl رسوب خواهد کرد. سپس تا نزدیکی نقطه‌ی جوش حرارت دهید. بعد از سرد کردن، فقط کمی محلول نقره نیترات اضافی باید افزوده شود؛ این مقدار اضافی را می‌توان به سهولت مشخص کرد. بدین ترتیب که پس از ته‌نشین شدن رسوب، در صورتی که رسوب جدیدی تشکیل نشود؛ چند قطره محلول نقره نیترات اضافه می‌شود. این واکنش تجزیه‌ای را در نور ملایم انجام دهید (چرا؟). مخلوط معلق را در حال هم‌زدن مداوم تا نزدیکی نقطه‌ی جوش گرما دهید، دمای محلول را در همین میزان حفظ کنید تا رسوب لخته شود و محلول روی آن زلال شود (۲ تا ۳ دقیقه). با افزودن چند قطره محلول نقره نیترات به محلول بالای رسوب، مطمئن شوید که تشکیل رسوب کامل شده است. اگر رسوبی تشکیل نشد، آن را صاف کنید و دوبار، هر بار با ۱۰ mL محلول سدیم کلرید ۵٪ یا نقره‌ی نیترات ۵٪ شستشو دهید. آن گاه رسوب را خشک کرده و وزن آن را به‌دست آورید. آن گاه از روی وزن رسوب سفید نقره کلرید، درصد AgCl، درصد NaCl را در سنگ نمک و نیز درصد یون  $Cl^-$  را در NaCl به‌دست آورید.



## سنجش های حجمی رسوبی (آزمایش مور<sup>۱</sup>)

هدف های رفتاری: از فراگیر انتظار می رود بعد از انجام آزمایش این فصل بتواند:  
- از طریق آزمایش تیتراسیون (سنجش حجمی) رسوبی غلظت یک ماده را در محلول تعیین کند.

ارلن بیفزایید و محلول را تا دو برابر حجم محلول مورد آزمایش با آب مقطر رقیق نمایید. بورت تمیز را بعد از شستن با آب مقطر و هواگیری تا یک عدد معین با محلول نقره نیترات استاندارد ۰/۱N پر کنید. ارلن را روی یک کاغذ سفید قرار داده و از بورت محلول نقره نیترات را در حال چرخاندن ارلن مایر، به آرامی به آن اضافه کنید تا رنگ قرمز  $Ag_2CrO_4$  نمایان شود. این آزمایش را دوبار دیگر تکرار کنید. نتایج سه سنجش نباید بیش از ۰/۱mL اختلاف داشته باشد. بعد از به دست آوردن میانگین حجم نقره ی نیترات مصرف شده نرمالیتته ی NaCl را به دست آورید.

نرمالیتته ی سدیم کلرید از رابطه ی زیر به دست می آید:

$$N_{NaCl} = \frac{N_{AgNO_3} \times V_{AgNO_3}}{V_{NaCl}}$$

تعیین غلظت سدیم کلرید با محلول نقره نیترات استاندارد با روش سنجش حجمی رسوبی با استفاده از شناساگر پتاسیم کرومات

هدف: تعیین غلظت یک ماده از طریق رسوب سنجی

موارد لازم

۱- محلول نقره نیترات ۰/۱N استاندارد

۲- محلول ۵٪ پتاسیم کرومات

۳- محلول NaCl با غلظت تقریبی ۰/۱N

ابزار لازم

۱- ارلن مایر ۱۰۰mL یا ۲۵۰mL

۲- بورت ۵۰mL و متعلقات آن

روش کار: ۲۰ یا ۲۵mL محلول NaCl را در یک

ارلن بریزید. ۱ یا ۲ قطره از محلول شناساگر  $K_2CrO_4$  را به



## تعیین سختی کل و موقت آب

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود بعد از انجام آزمایش‌های این فصل بتواند:  
- سختی موقت و سختی کل آب را اندازه‌گیری نماید.

و  $Mg^{2+}$  قابل ته‌نشینی است ولی به غیر از این‌ها یون‌های فلزهای دیگری نظیر آلومینیم، آهن، منگنز، استرانسیوم و روی نیز در ایجاد سختی آب شرکت می‌کند. ولی از این نظر که دو عنصر نخست به مقدار زیاد در آب‌های طبیعی وجود دارند، از این‌رو سختی آب به‌طور عمده براساس یون‌های دو فلز کلسیم و منیزیم سنجیده می‌شود. با این حال در موارد ویژه اگر مقادیر یون‌های فلزی دیگر قابل توجه باشد منظور کردن آن‌ها ضرورت دارد.

این یون‌ها معمولاً به صورت بی‌کربنات، سولفات، کلرید و نیترات در آب وجود دارند. آبی که دارای مقدار زیادی از نمک‌های کلسیم و منیزیم باشد، آب سخت<sup>۱</sup> و آبی مانند آب باران که شامل مقدار فوق‌العاده کمی از مواد حل شده‌ی فوق باشد آب سبک<sup>۲</sup> یا نرم نامیده می‌شود. صابون در آب سخت خیلی کم کف

### ۱-۸ - ناخالصی‌های موجود در آب<sup>۱</sup>

آب‌های طبیعی خالص نیستند و به هنگام عبور بر روی سطح زمین یا داخل زمین، مقدار زیادی مواد را به صورت محلول<sup>۲</sup> یا کلوئیدی<sup>۳</sup> و یا معلق<sup>۴</sup> در خود نگه می‌دارند. همان‌طور که ذکر شد، این اثر به علت خاصیت حل‌کنندگی آب و قدرت حمل‌کنندگی آن است.

### ۲-۸ - سختی<sup>۵</sup> آب و انواع آن

سختی آب، مربوط به نمک‌هایی است که در آب حل شده و باعث بالا رفتن سنگینی آن می‌شود (با آب سنگین که  $D_2O$  می‌باشد، اشتباه نکنید). سختی آب اصولاً به معنی ظرفیت آن در ته‌نشین‌سازی صابون است. صابون عمدتاً با یون‌های  $Ca^{2+}$

جدول ۱-۸ - درجه‌بندی آب برحسب سختی

سختی - قسمت در میلیون (ppm)	درجه‌بندی آب برحسب سختی
کمتر از ۱۵	نرم - سبک
۵۰ - ۱۰۰	نسبتاً نرم
۱۰۰ - ۱۵۰	کمی سخت
۱۵۰ - ۲۵۰	نسبتاً سخت
۲۵۰ - ۳۵۰	سخت
بیشتر از ۳۵۰	خیلی سخت

۱- Water impurities

۲- Dissolved

۳- Colloidal

۴- Suspended

۵- Hardness

۶- Hard Water

۷- Soft Water



نمک‌هایی مانند منیزیم سولفات، کلسیم سولفات، منیزیم کلرید، کلسیم کلرید و ... حل شده در آب است که پس از جوشاندن باز هم در آب باقی می‌مانند.

سختی دائم برخلاف سختی موقت در اثر جوشاندن از بین نمی‌رود. سختی دائم با  $H_P$  نشان داده می‌شود.

معمولاً سختی کل<sup>۲</sup>،  $H_T$ ، و سختی موقت<sup>۱</sup>،  $H_T$ ، تعیین می‌شود، آنگاه سختی دائم،  $H_P$ ، از تفاضل  $H_T$  و  $H_T$  به دست می‌آید.

در صنعت استفاده از آب سخت جایز نیست. وجود سختی در آب دیگ‌های بخار، موجب ایجاد رسوب در دیگ و مسیرهای آب می‌شود. در سیستم‌های سردکننده، رسوب در دستگاه‌های تبادل حرارتی، اطراف موتور، لوله‌ها و به طور کلی در تمام نقاطی که آب در آن‌ها جریان دارد و در معرض تغییر درجه حرارت است، تشکیل می‌شود.

جدول ۲-۸ حداکثر سختی پیشنهاد شده برای دیگ‌های بخار را در فشارهای مختلف نشان می‌دهد.

جدول ۲-۸ - حداکثر سختی برای دیگ‌های بخار در فشارهای مختلف

فشار (psi)	حد سختی پیشنهاد شده بر حسب قسمت در میلیون (ppm)
۰ - ۱۵۰	۸۰
۱۵۰ - ۲۵۰	۴۰
۲۵۰ - ۴۰۰	۱۰
بیشتر از ۴۰۰	۲

سختی را کاهش می‌دهند. ممکن است با استفاده از نمک‌های معدنی مانند فسفات و کربنات که با مواد آلی فعال پیوند داده شده‌اند، در تصفیه‌ی داخلی<sup>۳</sup>، سختی آب را در محلول به صورت لجن مایع چسبنده‌ای ته‌نشین کرد و کاهش داد.

یکی از واحدهای درجه‌ی سختی بین‌المللی، یک میلی‌گرم از کلسیم کربنات در یک لیتر آب می‌باشد که ۱ ppm یا یک قسمت در یک میلیون قسمت نیز نام دارد.

می‌کند و آب سخت مقدار زیادی رسوب در دیواره‌ی گرم‌کننده‌های آب مانند کتری و دیگ‌های بخار باقی می‌گذارد. سختی آب برحسب مقدار کربنات کلسیم بیان شده و مطابق جدول ۱-۸ طبقه‌بندی می‌شود.

سختی آب را به دو دسته تقسیم می‌کنند. ۱- سختی موقت. ۲- سختی دائم.

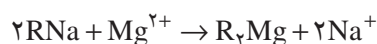
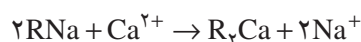
سختی موقت یا سختی بی‌کربنات<sup>۱</sup> ( $H_T$ ): سختی موقت در آب به علت وجود نمک‌های بی‌کربنات کلسیم و بی‌کربنات منیزیم است. بی‌کربنات‌های محلول که موجب سختی موقت می‌شوند، بر اثر جوشاندن آب تجزیه شده و به صورت کربنات رسوب می‌کنند.



سختی موقت آب تقریباً به طور کامل با جوشاندن حذف می‌شود. سختی موقت با  $H_T$  نشان داده می‌شود.

سختی دائم<sup>۲</sup> ( $H_P$ ): سختی دائم آب به علت وجود

سختی آب را می‌توان با نرم کردن به وسیله‌ی سدیم کربنات یا استفاده از تعویض‌کننده‌های یونی یا مخلوطی از هر دو، از بین برد. تعویض‌کننده‌های یونی سدیم،  $R^-Na^+$ ، که یون‌های سدیم را جایگزین یون‌های کلسیم و منیزیم می‌نمایند،



اگرچه مقدار کل مواد محلول در آب را کم نمی‌کنند، ولی

۱- Temporary Hardness or Carbonate Hardness

۲- Permanent Hardness

۳- Total Hardness

۴- منظور از تصفیه‌ی داخلی امکان کنترل تشکیل رسوب و خوردگی است.

## مطالعه‌ی آزاد

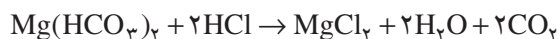
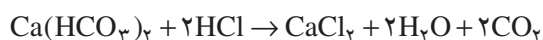
در فرانسه، درجه‌ی سختی فرانسوی به کار می‌رود و برحسب قسمت کلسیم کربنات درصد هزار قسمت بیان می‌شود. یعنی یک درجه‌ی سختی فرانسه معادل ۱۰ میلی‌گرم از کلسیم کربنات در یک لیتر آب است و این مقدار معادل ۱۰ ppm می‌باشد.

در آلمان، درجه‌ی سختی آلمانی به کار می‌رود و برحسب قسمت کلسیم اکسید، CaO، درصد هزار قسمت بیان می‌شود. یعنی یک درجه‌ی سختی آلمانی ۱۰ میلی‌گرم از کلسیم اکسید در یک لیتر آب است و معادل ۱۷/۹ ppm می‌باشد.

یک واحد از درجه‌ی سختی انگلیسی و آمریکایی نیز به ترتیب برابر ۱۴/۳ و ۱۷/۲ قسمت در میلیون (ppm) می‌باشد.

محاسبه: محلول اسید فقط بی کربنات‌های کلسیم و منیزیم

را خنثی می‌کند.



تعداد اکی‌والان‌های اسید به کار رفته در سنجش حجمی معادل تعداد اکی‌والان‌های بی کربنات‌های کلسیم و منیزیم موجود در آب مورد سنجش است.

نظر به اینکه نرمالیت‌های محلول عبارت از تعداد اکی‌والان گرم‌های جسم حل شده در ۱L محلول یا تعداد میلی‌اکی‌والان گرم‌ها در ۱ mL محلول می‌باشد، حاصل ضرب نرمالیت‌های هیدروکلریک اسید در تعداد میلی‌لیترهای مصرف شده‌ی آن در تیتراسیون برابر با تعداد میلی‌اکی‌والان گرم‌های اسید و از آنجا برابر با تعداد میلی‌اکی‌والان گرم‌های بی کربنات‌های موجود در ۱۰۰ mL آب است. سختی موقت،  $H_t$ ، با ضرب این حاصل ضرب در عدد ۱۰ به دست می‌آید.

سختی موقت می‌تواند از رابطه‌ی زیر محاسبه شود:

$$H_t = V_{\text{HCl}} \times N_{\text{HCl}} \times 10$$

### داده‌ها و نتایج

حجم نمونه‌ی آب	۱	۲	۳
نرمالیت‌ها یا مولاریته‌ی HCl	_____	_____	_____
حجم اسید مصرف شده	_____	_____	_____

## ۸-۳ — تعیین سختی موقت آب ( $H_t$ )

هدف: تعیین سختی موقت آب از طریق سنجش حجمی

مواد لازم

۱- آب طبیعی ۲۰۰-۱۰۰ mL

۲- شناساگر متیل اوراثر

۳- محلول استاندارد HCl، ۰/۱N

ابزار لازم

۱- استوانه‌ی مدرج ۱۰۰ mL

۲- ارلن مایر ۵۰۰ یا ۲۵۰ mL

۳- گیره‌ی بورت

۴- میله و پایه

۵- بورت ۱۰۰ یا ۵۰ mL

روش کار: یک استوانه‌ی مدرج ۱۰۰ mL تمیز بردارید.

آن را با آب مقطر بشوید. آن گاه ۱۰۰ mL آب طبیعی درون آن

بریزید تا به خط نشانه‌ی ۱۰۰ برسد. تمام آن را به یک ارلن مایر

۲۵۰ یا ۵۰۰ mL منتقل کنید. ۱ یا ۲ قطره شناساگر متیل اوراثر

اضافه کنید و با محلول استاندارد HCl موجود در بورت تیترا

نمایید. نقطه‌ی پایانی تیتراسیون (سنجش حجمی) با تغییر رنگ

محلول از زرد به نارنجی مشخص می‌شود. به محض تغییر رنگ،

افزودن محلول HCl را متوقف کنید. این آزمایش را با همین

مقادیر ۲ بار تکرار کنید، و میانگین حجم محلول HCl مصرف

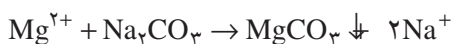
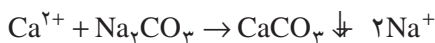
شده را به دست آورید.

تمیز داخل یک بشر ۲۵۰ mL بریزید و از یک بورت حجم معینی (۲۵-۱۰ mL) از محلول ۰/۱N سدیم کربنات به آن اضافه کنید. مخلوط واکنش را روی چراغ گاز در حال هم زدن حرارت دهید تا ۲ آن تبخیر شود. سپس بشر را روی حمام بخار (بن ماری) حرارت دهید تا خشک شود. بر عمل گرم کردن و خشک کردن کاملاً نظارت کنید. بعد از خشک شدن، بشر را سرد کرده، آنگاه ۲۰-۱۵ mL آب مقطر جوشیده‌ی بدون CO<sub>۲</sub> به محتویات درون بشر اضافه کنید. بعد از هم زدن و صاف کردن سه یا چهار بار رسوب را بشویید. محلول زیر صافی را در یک ارلن مایر ۲۵۰ mL بریزید و برای سنجش حجمی آماده کنید. دو قطره محلول شناساگر متیل اوراتر به ارلن مایر بیفزایید و از طریق بورت به وسیله‌ی محلول HCl استاندارد سنجش کنید.

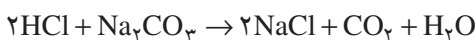
اکنون باید نسبت بین حجم‌های اکی‌والان محلول‌های Na<sub>۲</sub>CO<sub>۳</sub> و HCl را محاسبه نمایید. برای این کار ساده‌ترین روش آن است که به وسیله‌ی بورت همان حجم Na<sub>۲</sub>CO<sub>۳</sub> را که در آزمایش قبل (۲۵-۱۰ mL) برداشتید، درون یک ارلن مایر ۲۵۰ mL بریزید و با افزودن یک یا دو قطره شناساگر متیل اوراتر، به وسیله‌ی همان محلول HCl استاندارد قبل سنجش نمایید. این آزمایش را دو تا سه بار تکرار کنید.

#### محاسبه

با توجه به واکنش‌های انجام شده، جدول زیر را تکمیل کرده و از آنجا سختی دائم آب را به دست آورید.



مطابق واکنش فوق برای رسوب دادن یک مول از هر یک از Ca<sup>۲+</sup> و Mg<sup>۲+</sup>، یک مول سدیم کربنات لازم است و نیز دو مول HCl با یک مول Na<sub>۲</sub>CO<sub>۳</sub> واکنش می‌دهد.



#### داده‌ها و نتایج

حجم نمونه‌ی آب

حجم Na<sub>۲</sub>CO<sub>۳</sub>

استفاده شده برای نمونه آب

تعداد اکی‌والان HCl \_\_\_\_\_  
 تعداد اکی‌والان HCl برای \_\_\_\_\_  
 یک لیتر آب \_\_\_\_\_  
 تعداد اکی‌والان \_\_\_\_\_  
 Ca<sup>۲+</sup> و Mg<sup>۲+</sup> \_\_\_\_\_  
 تعداد میلی‌اکی‌والان \_\_\_\_\_  
 Ca<sup>۲+</sup> و Mg<sup>۲+</sup> \_\_\_\_\_  
 سختی موقت برحسب \_\_\_\_\_  
 میلی‌اکی‌والان در لیتر \_\_\_\_\_

مثال: فرض کنید ۳/۴ mL محلول HCl ۰/۰۹۸۸ برای تیتراژ کردن ۱۰۰ mL آب با حضور شناساگر متیل اوراتر به کار رفته است. آن گاه سختی موقت عبارت است از:

$$H_t = 3/4 \times 0/0988 \times 100 = 3/36 \text{ mg-equiv/L}$$

#### ۴-۸- تعیین سختی دائم آب (H<sub>p</sub>)

در این روش، یک نمونه آب را با مقدار زیادی از محلول Na<sub>۲</sub>CO<sub>۳</sub>، واکنش می‌دهیم. یون‌های Ca<sup>۲+</sup> و Mg<sup>۲+</sup> به صورت CaCO<sub>۳</sub> و MgCO<sub>۳</sub> رسوب می‌کنند. بعد از حرارت دادن و خشک کردن مخلوط، باقیمانده‌ی Na<sub>۲</sub>CO<sub>۳</sub> را که واکنش نداده است با شستشو و حل کردن در آب مقطر با روش سنجش حجمی تعیین می‌کنند. آن گاه سختی را براساس تعداد اکی‌والان Ca<sup>۲+</sup> و Mg<sup>۲+</sup> به دست می‌آورند.

#### مواد لازم

۱- آب طبیعی

۲- محلول سدیم کربنات ۰/۱N استاندارد

۳- شناساگر متیل اوراتر

۴- محلول HCl استاندارد

#### ابزار لازم

۱- بشر ۲۵۰ mL

۲- ارلن ۲۵۰ mL

۳- بورت، گیره‌ی بورت، میله و پایه

۴- چراغ گاز بنسن

روش کار: ۱۰۰ mL آب شیر را به وسیله‌ی استوانه‌ی مدرج

خاصیت ویژه EDTA به عنوان تیتروکننده آن است که به عنوان یون‌های فلزی صرف نظر از بار کاتیون به نسبت یک به یک ترکیب می‌شود.

شناساگر اریوکروم بلاکتی در  $pH=10$  از رنگ قرمز ارغوانی به آبی تغییر رنگ می‌دهد که پایان واکنش بدین ترتیب اعلام می‌شود.

### مواد لازم

۱ - محلول  $0.05N$  نمک EDTA که از حل کردن  $9/3075$  گرم جامد متبلور دی‌هیدرات در آب مقطر در بالن حجمی یک لیتری تهیه می‌شود

۲ - شناساگر اریوکروم بلاکتی که محلول الکلی آن از حل کردن  $0.5$  گرم آن در  $10$  mL محلول بافر آمونیاک آمونیوم کلرید به دست می‌آید و سپس با اتیل الکل تا حجم  $100$  mL رقیق می‌شود.

۳ - محلول بافر با  $pH=10$  که از حل کردن  $5/4$  گرم آمونیم کلرید در  $35$  mL آمونیاک غلیظ به دست می‌آید و تا حجم  $100$  mL با آب مقطر رقیق می‌شود.

۴ - آب طبیعی

### ابزار لازم

۱- بورت و متعلقات آن

۲- بالن حجمی  $250$  mL یا  $100$  mL

۳- ارلن مایر  $500$  mL یا  $250$  mL

### ۷-۸ تعیین سختی کل آب ( $H_T$ )

روش کار:  $100$  mL آب مورد آزمایش را در یک ارلن  $250$  mL بریزید.  $5$  mL محلول بافر با  $pH=10$  را به آن بیفزایید و  $7$  یا  $8$  قطره محلول شناساگر الکلی اریوکروم بلاکتی اضافه کنید. بعد از هم زدن کامل، محلول قرمز رنگی حاصل می‌شود. این محلول را به وسیله بورت با محلول  $0.05N$  نمک EDTA سنجش نمایید در نزدیکی پایان سنجش حجمی، واکنش‌گر باید قطره قطره اضافه شود، بعد از اضافه کردن هر قطره خوب هم بزنید، تا اینکه رنگ قرمز با افزایش یک قطره به آبی مایل به سبز

حجم HCl مصرف شده

برای سدیم کربنات باقیمانده

حجم HCl مصرف شده

برای سدیم کربنات اولیه

اختلاف دو مقدار مصرفی HCl

اکی‌والان سدیم کربنات مصرف شده

مجموع اکی‌والان  $Ca^{2+}$  و  $Mg^{2+}$

در  $100$  mL نمونه‌ی آب

سختی دائم آب برحسب

اکی‌والان گرم در لیتر

سختی دائم،  $H_p$ ، برحسب

mg - equiv/L

$$H_p = \dots$$

### ۵-۸ - سختی کل آب ( $H_T$ )

مجموع سختی دائم و سختی موقت، سختی کل نامیده می‌شود.

$$H_T = H_t + H_p$$

بنابراین، می‌توان از مجموع سختی موقت و سختی دائم که در روش کارهای ۳-۸ و ۴-۸ به دست آورده‌اید، سختی کل را تعیین کرد.

اما همان‌طور که گفته شد، معمولاً ابتدا سختی کل،  $H_T$ ، و سختی موقت،  $H_t$ ، را به دست می‌آورند، آن‌گاه از تفاضل  $H_T$  و  $H_t$ ، سختی دائم،  $H_p$ ، را تعیین می‌نمایند، یعنی:

$$H_p = H_T - H_t$$

### ۶-۸ - اندازه‌گیری سختی کل ( $H_T$ )

اساس کار، عبارت از تعیین مقدار کل املاح کلسیم و منیزیم موجود در نمونه‌ی آب با سنجش حجمی به وسیله‌ی محلول نمک EDTA در مجاورت شناساگر اریوکروم بلاکتی<sup>۱</sup>، می‌باشد.

محلول نمک EDTA، دی‌سدیم اتیلن دی‌آمین تترااستیک اسید است که با  $Na_2H_2Y$  نشان داده می‌شود. یک

کمرنگ تغییر نماید و افزایش قطرات بیشتر تغییری در رنگ تشکیل شده ایجاد نکند.

سختی کل از رابطه‌ی روبه‌رو به دست می‌آید:

$$H_T = \frac{N_{\text{نمک EDTA}} \times V_{\text{نمک EDTA}} \times 1000}{V_{\text{آب}}} \text{mg - eqiv / L}$$

که در آن  $N_{\text{نمک EDTA}} =$  نرمالیتی‌ی نمک EDTA

$V_{\text{نمک EDTA}} =$  تعداد میلی‌لیترهای نمک مصرف شده در

سنجش حجمی

$V_{\text{آب}} =$  تعداد میلی‌لیترهای آب مورد آزمایش



## جذب برخی مواد حل شده و بعضی از گازها به وسیله‌ی زغال فعال

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود بعد از انجام آزمایش این فصل بتواند:  
- اهمیت و کاربرد فرایند جذب در صنعت را شرح دهد.

جذب برخی از مواد حل شده به وسیله‌ی زغال فعال

مواد لازم

۱- سرکه‌ی ناخالص رنگی

۲- محلول تورنسل

۳- محلول چای کمرنگ

۴- پودر زغال فعال<sup>۱</sup> یا پودر زغال چوب

ابزار لازم

۱- ارلن مایر ۲۵۰mL

۲- بشر ۲۵۰mL

۳- کاغذ صافی

۴- قیف شیشه‌ای

روش کار: در یک بشر ۲۵۰mL، مقدار ۱۰۰mL

سرکه‌ی ناخالص رنگی بریزید. ۱/۰ گرم پودر زغال فعال یا پودر

زغال چوب اضافه کرده و خوب هم بزنید. آن گاه به وسیله‌ی یک

قیف شیشه‌ای که روی آن کاغذ صافی قرار داده‌اید، این مخلوط

را در یک ارلن ۲۵۰mL صاف نمایید. اگر محلول سرکه‌ی

درون ارلن بی‌رنگ نشد مجدداً به محلول رنگی سرکه ۱/۰ گرم

پودر زغال فعال اضافه کرده و بعد از هم زدن صاف کنید و

به‌رنگ سرکه‌ی صاف شده توجه نمایید. این عمل را تا بی‌رنگ

شدن محلول سرکه تکرار کنید.

### ۱-۹- جذب سطحی<sup>۱</sup>

منظور از جذب سطحی، عمدتاً جذب مولکول‌ها یا ذرات

ماده بر روی سطح یک فاز مایع و یا یک جامد است. زغال فعال

توانایی جذب برخی مواد را بر سطح خود دارد. به گاز یا ماده‌ی

حل شده‌ای در محلول که مورد جذب قرار می‌گیرد «جذب شده»<sup>۲</sup>

و به سطح فعال «جذب کننده»<sup>۳</sup> گفته می‌شود.

پدیده‌ی جذب گازها به وسیله‌ی زغال فعال در اوایل قرن

هجدهم توسط C.Schede مشاهده شد، ولی جذب مواد از

محلول‌ها در سال ۱۷۸۵ به وسیله‌ی T.Lowitz انجام گرفت.

فرایند جذب ممکن است فیزیکی یا شیمیایی باشد. در

جذب فیزیکی ماده‌ی جذب شده بر روی سطح جذب کننده

دستخوش تغییرات شیمیایی نمی‌شود. در حالی که در جذب

شیمیایی ماده‌ی جذب شده پس از جذب شدن دچار تغییر شیمیایی

نیز می‌شود.

در تصفیه‌ی آب در اکثر موارد جذب سطحی فیزیکی

مطرح است. برای مثال مواد آلی موجود در آب به وسیله‌ی کربن

فعال جذب سطحی شده و سپس این مواد به وسیله‌ی کلروفرم

استخراج و توزین می‌شود. با تجزیه‌ی شیمیایی این قسمت

استخراج شده، می‌توان اطلاعات بیشتری در مورد ترکیب شیمیایی

مواد آلی موجود کسب کرد.

۱- Absorption

۲- Absorptive or Adsorbate

۳- Absorbent

۴- Charcoal

آزمایش فوق را با ۱۰۰mL چای کمرنگ و با ۱۰۰mL آب مقطر که در آن یک قطره تورنسل ریخته‌اید، تکرار کنید و از این دو محلول یک محلول بی‌رنگ تهیه و مشاهدات خود را گزارش نمایید.

اگر در آزمایشگاه آنیلین وجود دارد که بر اثر اکسایش رنگی شده است، می‌توانید آن را به وسیله‌ی زغال فعال خالص و بی‌رنگ نمایید.

اگر از آزمایش‌های فوق به نتیجه نرسیدید می‌توانید محلولی را که در آن زغال فعال ریخته‌اید گرم کنید و در صورت لزوم بجوشانید، آن گاه صاف نمایید.



## سنجش‌های حجمی اکسایش – کاهش<sup>۱</sup>

### ۱- روش پرمنگنات      ۲- روش دی کرومات

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود بعد از انجام آزمایش‌های این فصل بتواند:  
- مقدار کروم و منگنز، را در یک نمونه محلول تعیین کند.

۱-۰-۱- اکسایش به وسیله پرمنگنات پتاسیم همان طور که می‌دانید واکنش‌های شیمیایی که بر اثر مبادله الکترون انجام می‌شوند، واکنش‌های اکسایش – کاهش<sup>۲</sup> نامیده می‌شوند. بسیاری از سنجش‌های حجمی براساس این نوع واکنش‌ها انجام می‌شوند.  
تهیه محلول پتاسیم پرمنگنات با غلظت تقریبی ۰/۰۵N

#### مواد لازم

- ۱- پتاسیم پرمنگنات با خلوص تجزیه‌ای
- ۲- سدیم اگسالات با خلوص تجزیه‌ای
- ۳- آب مقطر
- ۴- سولفوریک اسید
- ۵- پشم شیشه بی‌رنگ

#### ابزار لازم

- ۱- بشر ۱۵۰ mL
  - ۲- بالن حجمی ۱۰۰ و ۲۵۰ mL
  - ۳- شیشه‌ی ساعت
  - ۴- بورت ۵۰ mL
  - ۵- پایه و میله
  - ۶- گیره‌ی بورت
  - ۷- قیف و بطری مناسب
- روش کار: حدود ۱/۶ تا ۱/۶۳ گرم پتاسیم پرمنگنات با

خلوص تجزیه‌ای را روی یک شیشه‌ی ساعت به وسیله‌ی ترازوی تجزیه‌ای با دقت  $\pm 0.01$  گرم وزن کرده و آن را به یک بشر ۱۵۰ mL منتقل کنید. یک لیتر آب مقطر در حال هم‌زدن به آن بیفزایید. دهانه‌ی بشر را با یک شیشه‌ی ساعت مناسب پوشانید و محلول را گرم کنید تا به جوش آید. مدت ۱۵ تا ۳۰ دقیقه بجوشانید و سپس آن را سرد کنید و به دمای اتاق برسانید. این محلول را به وسیله‌ی قیفی که درون آن پشم شیشه‌ی بی‌رنگ قرار دارد، صاف کنید. محلول صاف شده را در ظرفی که قبلاً به وسیله‌ی محلول سولفوریک اسید تمیز و سپس با آب مقطر کاملاً شسته شده است، بریزید و در آن را ببندید (بطری شیشه‌ای یا ارلن‌دردار) و به جز در مواقع مصرف در محل تاریک نگهداری کنید یا آن را در بطری شیشه‌ای تمیز قهوه‌ای رنگ نگهداری نمایید.

تهیه محلول ۰/۱N سدیم اگسالات به عنوان استاندارد اولیه

روش کار: برای تهیه محلول ۰/۱N آن مقدار ۰/۳۳۵ گرم سدیم اگسالات خشک را روی یک شیشه‌ی ساعت به وسیله‌ی ترازوی تجزیه‌ای با دقت  $\pm 0.001$  گرم وزن کنید و آن را به درون یک بالن حجمی ۱۰۰ mL منتقل کنید. سپس ۲۰ mL آب مقطر به این بالن حجمی اضافه کرده و آن را هم بزنید. آن‌گاه در حال هم‌زدن، حجم آن را، آب مقطر تا خط نشانه به ۱۰۰ mL برسانید. برای تهیه سدیم اگسالات خشک یک گرم آن را بردارید و در دمای  $110-105^{\circ}\text{C}$  به مدت دو ساعت خشک کنید.



استاندارد کردن محلول پتاسیم پرمنگنات با محلول ۰/۱N سدیم اگسالات.

روش کار: بورت را بعد از تمیز کردن و شستشو با آب مقطر و سپس هواگیری تا یک عدد معین با محلول پتاسیم پرمنگنات تهیه شده پر کنید. سپس ۱۰ mL محلول ۰/۱N سدیم اگسالات درون یک ارلن مایر تمیز ۲۵۰ mL بریزید و ۳ mL محلول ۲M سولفوریک اسید به آن بیفزایید. این محلول را تا  $90^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}\text{C}$  گرم کنید و ضمن هم زدن با محلول  $\text{KMnO}_4$  تیترا کنید.

محلول پرمنگنات را به تدریج اضافه کنید به نحوی که رنگ صورتی بسیار کم رنگ برجای بماند در صورتی که دمای محلول به کمتر از  $60^{\circ}\text{C}$  تنزل کند، دوباره آن را گرم کنید. نقطه‌ی پایانی اولین رنگ صورتی بسیار کم رنگ ثابت خواهد بود. این آزمایش را با دو مقدار مشابه دیگر از محلول سدیم اگسالات تکرار کنید و میانگین آن را به دست آورید. آن گاه با استفاده از رابطه‌ی  $N_1V_1 = N_2V_2$ ، نرمالیه‌ی محلول پتاسیم پرمنگنات را به دست آورید.

### پرسش و تمرین

- ۱- به چه دلیل سنجش حجمی باید با محلول داغ انجام شود؟
- ۲- چند گرم سدیم پرمنگنات برای تهیه‌ی ۷۶ mL محلول ۰/۱۵N آن لازم است؟
- ۳- جرم ۳/۶ اکی‌والان ( $3/6 \text{ equiv}$ ) کلسیم اگسالات را بر حسب گرم (g) به دست آورید.
- ۴- اگر محلول پرمنگنات روی پوست بدن بریزد، رنگ قهوه‌ای روی پوست بدن ظاهر می‌شود. این پدیده را چگونه توضیح می‌دهید.

صورتی که محلول‌های آبی، در مقابل تبخیر به قدر کافی محافظت شوند، پایدار می‌مانند. پتاسیم دی‌کرومات را در محلول‌های اسیدی به کار می‌برند و در دمای معمولی سریعاً به نمک کروم (III) سبز رنگ احیاء می‌شود. پتاسیم دی‌کرومات به وسیله‌ی محلول هیدروکلریک اسید،  $\text{HCl}$ ، احیاء نمی‌شود، به شرط آنکه غلظت این اسید از ۱M یا ۲M فراتر نرود. محلول‌های دی‌کرومات در مقایسه با محلول‌های پرمنگنات، به وسیله‌ی مواد آلی دشوارتر احیاء می‌شوند و نیز در مقابل نور پایدارترند. بنابراین پتاسیم دی‌کرومات در تعیین آهن موجود در سنگ معدن‌های آهن ارزش خاصی دارد.

۱-۲ سنجش حجمی با محلول پتاسیم دی‌کرومات  
پتاسیم دی‌کرومات،  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ، به اندازه‌ی پتاسیم پرمنگنات،  $\text{KMnO}_4$ ، اکسیدکننده‌ی قدرتمندی نیست (پتانسیل احیاء پتاسیم دی‌کرومات ۱/۳۳ ولت و پتانسیل احیاء پتاسیم پرمنگنات ۱/۵۲ ولت است)، ولی در مقایسه با پتاسیم پرمنگنات، از مزایایی برخوردار است. می‌توان آن را به طور خالص تهیه کرد، حتی تا دمای نقطه‌ی ذوب، پایدار می‌ماند و بنابراین، یک استاندارد اولیه‌ی بسیار عالی است. محلول‌های استاندارد آن را می‌توان با وزن کردن نمک خشک خالص و حل کردن آن در حجم معینی از آب تهیه کرد. از طرفی، در

جدول ۱-۱- شناساگرهای اکسید و احیاء در سنجش‌های حجمی دی‌کرومات

پتانسیل الکتروود استاندارد	رنگ شکل اکسید شده	رنگ شکل احیاء شده	شناساگر
۱/۰۸۷	ارغوانی قرمز بنفش	بی‌رنگ	N - فنیل آترانلیک اسید
۰/۷۶۷	بنفش	بی‌رنگ	دی فنیل آمین
۰/۸۷۷	بنفش	بی‌رنگ	سدیم دی فنیل بنزیدین سولفونات
۰/۷۶۷	بنفش	بی‌رنگ	دی فنیل بنزیدین
۰/۸۴۷	بنفش	بی‌رنگ	باریم دی فنیل بنزیدین سولفونات

تهیه‌ی محلول ۰/۱N پتاسیم دی کرومات به‌عنوان  
استاندارد اولیه

هدف: آشنایی با تهیه‌ی محلول‌های استاندارد

مواد لازم

۱- پتاسیم دی کرومات با خلوص تجزیه‌ای

۲- آب مقطر

ابزار لازم

۱- شیشه‌ی ساعت

۲- ترازوی تجزیه‌ای

۳- بالن حجمی ۱۰۰mL

۴- آب فشان (بی‌ست)

روش کار: ۱ گرم پتاسیم دی کرومات کاملاً خشک را از  
متصدی آزمایشگاه تحویل بگیرید، سپس ۰/۴۹۰ گرم آن را با  
دقت  $\pm 1$  میلی‌گرم روی شیشه‌ی ساعت با ترازوی تجزیه‌ای وزن  
کرده و در یک بالن حجمی ۱۰۰mL حل کنید و با آب مقطر  
در حال هم‌زدن به خط نشانه برسانید. غلظت این محلول ۰/۱N  
است. به شکل ۱- ۱۰ توجه نمایید که تهیه‌ی محلول ۰/۱N  
پتاسیم دی کرومات را از محلول ۱N آن نشان می‌دهد.

تعیین غلظت محلول  $FeSO_4$  با محلول  
پتاسیم دی کرومات ۰/۱N استاندارد.

هدف: تعیین غلظت یک محلول احیاءکننده با استفاده  
از محلول ۰/۱N استاندارد پتاسیم دی کرومات به‌عنوان  
اکسیدکننده با روش سنجش حجمی

مواد لازم

۱- محلول ۰/۱N پتاسیم دی کرومات

۲- زاج سبز،  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$

۳- آب مقطر

۴- شناساگر سدیم دی فنیل آمین سولفات

۵- محلول سولفوریک اسید ۶N

ابزار لازم

۱- شیشه‌ی ساعت

۲- ترازوی تجزیه‌ای

۳- بالن حجمی ۱۰۰mL

۴- آب فشان (بی‌ست)

۵- بورت و متعلقات آن

۶- بی‌پت ۲mL و ۱۰mL

روش کار: مقدار ۳ گرم زاج سبز را روی شیشه‌ی ساعت  
با ترازوی تجزیه‌ای با دقت  $\pm 0.1$  گرم وزن کنید. آن را به یک  
بالن حجمی ۱۰۰mL منتقل کنید و ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن  
بیفزایید. بعد از حل شدن، حجم آن را تا خط نشانه به ۱۰۰ mL  
برسانید. به‌وسیله‌ی بی‌پت ۱۰mL از این محلول را بردارید،  
۲mL محلول سولفوریک اسید ۶N و ۰/۵mL محلول  
فسفریک اسید غلیظ و حداکثر ۸ قطره شناساگر سدیم  
دی فنیل آمین سولفات به آن بیفزایید. آن گاه به وسیله‌ی بورت با  
محلول پتاسیم دی کرومات ۰/۱N استاندارد سنجش کنید تا در  
نزدیکی نقطه‌ی پایانی به رنگ سبز مایل به آبی یا آبی مایل به  
خاکستری به نظر برسد. سنجش حجمی را ادامه دهید و فواصل  
زمانی چند ثانیه را بین قطره‌ها حفظ کنید. تا اینکه یکی از این  
قطره‌ها موجب تشکیل رنگ ارغوانی شدید یا بنفش - آبی شود  
و این رنگ پس از هم زدن ثابت بماند و افزودن دی کرومات  
بیش‌تر در آن تأثیر نکند. این آزمایش را دوبار با مقادیر مشابه  
تکرار کنید و میانگین حجم دی کرومات را به دست آورید و از  
آنجا نرمالیتی محلول آهن (II) سولفات را در محلول اولیه از  
رابطه‌ی  $N_1 V_1 = N_2 V_2$  محاسبه نمایید.

ضمناً با استفاده از رابطه‌ی  $C = N \times E$  غلظت محلول

آهن (II) سولفات را در محلول اولیه به‌دست آورید.



د

ج

ب

الف

شکل ۱-۱۰- تهیهی محلول ۰/۱N پتاسیم دی کرومات از محلول ۱N آن

### پرسش و تمرین

۱- در کدام یک از ترکیبات زیر عنصری وجود دارد که عدد اکسایش آن با عدد اکسایش کروم در  $K_2Cr_2O_7$  برابر است؟



۲- معادله‌ی واکنش  $Cr_2O_7^{2-} + Fe^{2+} + H^+ \rightarrow$  را کامل کرده و باروش یون - الکترون موازنه کنید.  
 ۳- محلول‌های پتاسیم دی کرومات زیر مخلوط شده‌اند:  $30\text{ mL}$  محلول دارای  $1/56\text{ g}$  پتاسیم دی کرومات  $400\text{ mL}$  محلول  $0/365\text{ M}$  و  $250\text{ mL}$  محلول  $0/213\text{ N}$ ، سپس حجم کلی را به یک لیتر رسانده‌اند. نرمالیت‌ی حاصل برای یک واکنش اکسایش - کاهش که یون دی کرومات به  $Cr^{3+}$  احیاء می‌شود، چه مقدار خواهد بود؟

۴- نرمالیت‌ه و مولاریت‌ه‌ی محلولی را که یک لیتر آن دارای  $5/2$  گرم  $K_2Cr_2O_7$  می‌باشد، به دست آورید.

۵- چگونه می‌توان درصد آهن موجود در یک نمونه چدن را با استفاده از محلول استاندارد پتاسیم دی کرومات تعیین کرد؟ تشریح نمایید.