

## پودمان اوّل

### تهیهٔ محلول‌های استاندارد



جداسازی، شناسایی و تعیین مقدار مواد شیمیایی در صنایع، از وظایف مهم شیمیدانان است. محلول‌های استاندارد، یکی از ابزارهایی است که متخصصان شیمی می‌توانند به‌طور خاص و دقیق برای تشخیص یا تعیین غلظت مواد ناشناخته، استفاده کنند.

# واحد یادگیری ۱

## تهیه محلول های استاندارد

### مقدمه

اصولاً شیمییدان ها در آزمایشگاه با محلول های مختلف آبی سروکار دارند. برای تهیه محلول آبی با غلظت مشخص از یک گونه، به آشنایی با تعریف های مختلف غلظت نیاز است و محلول های استاندارد را بر اساس غلظت بیان می کنند. در این پودمان سعی شده است تعریف های مختلف غلظت گونه در محلول بیان شود. علاوه بر آن با کمک روابط مختلف غلظت به روش ساده، چگونگی تهیه محلول های مختلف شرح داده می شود. بسیاری از واکنش ها در حالت محلول انجام می شوند و محاسبه کمی برای این گونه واکنش ها بر مبنای غلظت آنها انجام می شود. هنرجویان با مطالعه این پودمان با روش های حجمی و وزنی تهیه محلول های آبی آشنایی بیشتری پیدا می کنند و در محاسبات کمی از آنها استفاده می کنند.

### استاندارد عملکرد

تهیه محلول های نرمال، سنجش های حجمی «اسید و باز» و «اکسایش و کاهش» را طبق دستور کار انجام دهد.

#### شایستگی های غیر فنی مورد انتظار این پودمان عبارت اند از:

- ۱ اخلاق حرفه ای: حضور منظم و وقت شناسی، انجام وظایف و کارهای سپرده شده - پیروی از قوانین
- ۲ مدیریت منابع: شروع به کار به موقع، مدیریت مؤثر زمان، استفاده صحیح از مواد و تجهیزات
- ۳ کار گروهی: حضور فعال در فعالیت های گروهی، انجام کارها و وظایف سپرده شده
- ۴ مستندسازی: گزارش نویسی فعالیت های کار عملی
- ۵ محاسبه و کار بست ریاضی

#### شایستگی های فنی مورد انتظار این پودمان عبارت اند از:

- ۱ محلول نرمال تهیه کنند.
- ۲ سنجش های حجمی اسید و باز را انجام دهند.
- ۳ سنجش های حجمی اکسایش - کاهش را انجام دهند.



پیامدهای ناشی از تغییر ناگهانی ارتفاع برای کوهنوردان که در ارتفاعات بالا دچار خطرات تنفسی می‌شوند، این واقعیت را به خوبی نشان می‌دهد که صعود به ارتفاعات می‌تواند موجب ناراحتی‌هایی همچون سردرد، حالت تهوع و خستگی شود. این علامت‌ها ناشی از هیپوکسیا است که بر اثر کمبود مقدار اکسیژن موجود در بافت‌های بدن بروز می‌کند. آیا علت آن را می‌دانید؟



غلظت<sup>۱</sup> یک نمونه، مقدار حل‌شونده<sup>۲</sup> موجود در یک مقدار مشخص از محلول<sup>۳</sup> یا حلال<sup>۴</sup> را نشان می‌دهد (معادله<sup>۱</sup>):

$$\text{معادله ۱} = \frac{\text{مقدار گونه یا حل‌شونده}}{\text{مقدار محلول (حلال)}} = \text{غلظت}$$

۱- Concentration

۲- Solute

۳- Solution

۴- Solvent

اگرچه اصطلاح حل شونده و محلول اغلب برای نمونه‌های مایع به کار می‌روند، اما آنها را می‌توان به نمونه‌های فاز گاز و جامد نیز تعمیم داد. جدول ۱ متداول‌ترین واحدهای مورد استفاده برای بیان غلظت محلول را نشان می‌دهد.

جدول ۱- واحدها و معادلات مختلف غلظت

نماد	معادله	واحد
%m/m	$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{گرم حل شونده}}{\text{گرم محلول}} \times 100$	درصد جرمی
%v/v	$\text{درصد حجمی} = \frac{\text{میلی لیتر حل شونده}}{\text{میلی لیتر محلول}} \times 100$	درصد حجمی
%m/v	$\text{درصد جرمی حجمی} = \frac{\text{گرم حل شونده}}{\text{میلی لیتر محلول}} \times 100$	درصد جرمی حجمی
M	$\text{مولاریته} = \frac{\text{مول حل شونده}}{\text{لیتر محلول}}$	مولاریته
N	$\text{نرمالیه}^* = \frac{\text{هم‌ارز گرم‌های حل شونده}}{\text{لیتر محلول}}$	نرمالیه*
m	$\text{مولالیه}^{**} = \frac{\text{مول حل شونده}}{\text{کیلوگرم حلال}}$	مولالیه**
* و **: در ادامه درس، توضیح مناسب آورده شده است.		

پودمان اول: تهیه محلول‌های استاندارد

در سال‌های گذشته با غلظت‌های جرمی (وزنی)، حجمی و مولاریته آشنا شده‌اید. در این پودمان غلظت‌های نرمال و مولال ارائه می‌شود.

پرسش ۱



مراحل ساخت یک محلول با غلظت مشخص، از نمونه جامد را با توجه به شکل زیر توضیح دهید.



(الف)

(ب)

(پ)

مراحل ساخت یک محلول با غلظت مشخص، از نمونه جامد

پیش از توضیح غلظت نرمال، چند تعریف در مورد محلول‌ها ارائه می‌شود.

اغلب در زندگی روزمره به کلمه «استاندارد» برخورد کرده‌اید. آیا می‌دانید چرا در بیشتر حوزه‌های زندگی از این واژه استفاده می‌شود؟

بحث‌گروهی  
۲



## تعریف استاندارد

استاندارد و استاندارد کردن از پایه‌های علم و فناوری است که در پیشرفت صنعت و اقتصاد نقشی به‌سزا دارد. استاندارد عبارت است از «نظمی مبتنی بر نتایج ثابت علوم، فنون و تجربه‌های بشری که به‌صورت قواعد و مقررات» به‌کار می‌رود.

در شیمی و زیست‌شیمی مواد استاندارد به‌معنی استفاده از مواد مرجع است که حاوی مواد مورد بررسی با غلظت شناخته شده است و با استفاده از مواد استاندارد می‌توان غلظت ماده مجهول را در یک نمونه مشخص کرد. برخی کاربردهای محلول‌های استاندارد در آزمایشگاه‌های شیمی عبارت‌اند از:

- ✓ ارائه یک مرجع
  - ✓ استانداردسازی محلول‌های سنجش حجمی<sup>۱</sup>
  - ✓ تهیه محلول استاندارد ثانویه
  - ✓ تنظیم کردن<sup>۲</sup> تجهیزات
- محلول‌های استاندارد به دو دسته تقسیم می‌شوند:
- ۱ استاندارد اولیه
  - ۲ استاندارد ثانویه<sup>۳</sup>

### ● محلول استاندارد اولیه<sup>۴</sup>

برای یافتن غلظت دقیق محلول‌های تهیه شده در آزمایشگاه، از محلول استاندارد اولیه استفاده می‌شود. خصوصیات استاندارد اولیه به‌شرح زیر است:

- ۱ دارای ترکیب نسبی مشخص و درجه خلوص بالایی باشد. درجه خلوص آن بهتر است ۱۰۰٪ باشد (اگر درجه خلوص کمی پایین‌تر از ۱۰۰٪ باشد، به شرط مشخص بودن مقدار ناخالصی‌ها، قابل قبول است).
- ۲ در دمای آزمایشگاه پایدار باشد (رطوبت و کربن‌دی‌اکسید را جذب نکند) و ضمن خشک کردن در آن بدون تغییر باقی بماند.
- ۳ برای جلوگیری از ایجاد مزاحمت با شناساگر، پیش و پس از سنجش حجمی بی‌رنگ باشد.
- ۴ در دسترس و ارزان باشد.
- ۵ سمی نباشد.

از موادی که به‌عنوان استاندارد اولیه به‌کار می‌روند، سدیم کربنات برای اسیدها و پتاسیم‌گزالات برای پتاسیم‌پرمنگنات را می‌توان نام برد.

### ● محلول استاندارد ثانویه

مطابق ویژگی‌های محلول استاندارد اولیه، بسیاری از مواد مانند سدیم‌هیدروکسید (سود) که جذب‌کننده رطوبت است، نمی‌توانند به‌عنوان محلول استاندارد اولیه استفاده شوند، زیرا خلوص آنها به مرور دچار تغییر

۱- Titration

۲- Calibration

۳- Secondary Standard Solution

۴- Primary Standard Solution

می‌شود. لذا برای استاندارد کردن محلول و تعیین غلظت دقیق آنها، از یک محلول استاندارد اولیه استفاده می‌شود. برای مثال وقتی به محلول هیدروکلریک اسید ۰/۱ مولار نیاز باشد، محلول با غلظت ۰/۱ مولار از آن تهیه می‌شود، سپس توسط سنجش حجمی با محلول استاندارد اولیه سدیم کربنات، غلظت دقیق محلول هیدروکلریک اسید تعیین می‌شود. محلول هیدروکلریک اسید که غلظت دقیق آن توسط استاندارد اولیه مشخص شده است، محلول استاندارد ثانویه نامیده می‌شود.

استاندارد ثانویه، محلول با غلظت مشخص از یک ماده شیمیایی یا یک واکنشگر است که غلظت دقیق آن توسط استاندارد اولیه تعیین شده است و جسم حل شده در آن نسبت به استاندارد اولیه دارای تفاوت‌های زیر است:

- ۱ خلوص کمتری نسبت به استاندارد اولیه دارد.
  - ۲ پایداری کمتر و واکنش پذیری بیشتری نسبت به استاندارد اولیه دارد.
  - ۳ محلول آن برای مدت طولانی قابل نگه‌داری نیست.
- بهترین نمونه برای استاندارد ثانویه ماده سدیم هیدروکسید (NaOH) است که شدیداً جاذب آب است. به محض باز شدن ظرف حاوی سدیم هیدروکسید، جذب رطوبت هوا آغاز می‌شود.

آماده‌سازی محلول‌های استاندارد اولیه و ثانویه باید با حلال‌های خالص صورت گیرد.

نکته



## فعالیت عملی ۱



### ناپایداری سدیم هیدروکسید (NaOH) در هوای مرطوب

#### مواد و وسایل لازم:

- سدیم هیدروکسید خشک و بدون آب
- ترازوی آزمایشگاهی با دقت  $\pm 0.001$  گرم
- شیشه ساعت

- سدیم هیدروکسید بسیار خورنده است و در صورت تماس پوستی می‌تواند سبب تخریب لایه‌های عمیق پوست شود.
- در صورت تماس چشم با سدیم هیدروکسید، می‌تواند موجب عوارضی مانند آب‌مرورید<sup>۱</sup>، آب‌سیاه<sup>۲</sup> و کوری دائمی شود.
- قرار گرفتن در معرض مستقیم سدیم هیدروکسید، حتی مقدار کم آن، می‌تواند سبب مشکلات حاد تنفسی شود.
- سدیم هیدروکسید می‌تواند با فلزات واکنش دهد و هیدروژن تولید کند که در حضور اکسیژن منجر به آتش‌سوزی می‌شود.
- سدیم هیدروکسید سبب ایجاد خوردگی کف پوش‌های چوبی و سطوح رنگ شده می‌شود.

نکته



## روش کار:

- 1 شیشه ساعت را روی ترازو قرار دهید و جرم آن را صفر کنید.
- 2 در ظرف سدیم هیدروکسید را باز کنید و با کمک قاشق کمی بلور NaOH را روی شیشه ساعت بریزید و به سرعت جرم آن را یادداشت کنید.
- 3 پنجره‌های شیشه‌ای ترازو را برای چند دقیقه باز نگه‌دارید و افزایش تدریجی جرم سدیم هیدروکسید را در واحد میلی گرم مشاهده کنید. این امر به دلیل جذب مولکول‌های آب و کربن دی‌اکسید از هوا، توسط بلورهای سدیم هیدروکسید است.

نکته

- در ظرف حاوی سدیم هیدروکسید را سریع ببندید.
- از یک ظرف شیشه‌ای مانند شیشه ساعت برای اندازه‌گیری جرم استفاده کنید، زیرا سدیم هیدروکسید با ظرف‌های فلزی واکنش می‌دهد.
- محلول‌های استاندارد (اولیه یا ثانویه) در محیط‌های آزمایشگاهی، دارای پایداری محدود هستند. محلول استاندارد سدیم هیدروکسید، با جذب کربن دی‌اکسید، دچار تغییر غلظت و pH می‌شود.

## مثال ۱:

ماده پتاسیم پرمنگنات ( $\text{KMnO}_4$ ) یک ترکیب اکسیدکننده<sup>۱</sup> است و به عبارت دیگر، واکنش‌پذیری زیاد و پایداری کمی دارد. اغلب به دلیل واکنش‌پذیری بالا، محصول اکسید شده آن، منگنز (IV) اکسید ( $\text{MnO}_2$ )، باعث آلوده شدن محتویات ظرف می‌شود. به همین دلیل به عنوان استاندارد اولیه مناسب نیست، اما می‌توان آن را به عنوان یک استاندارد ثانویه استفاده کرد.

پرسش ۲

الف) با توجه به اینکه موادی که به عنوان استاندارد ثانویه استفاده می‌شوند ترکیبات پایداری نیستند، چرا محلول استاندارد ثانویه، به عنوان محلول استاندارد استفاده می‌شود؟  
ب) برای تعیین حجم نهایی، فقط حجم حلال در نظر گرفته نمی‌شود، بلکه حجم محلول باید در محاسبات و محلول‌سازی استفاده شود، علت را توضیح دهید.

## مثال ۲ (یادآوری):

محلول هیدروکلریک اسید آزمایشگاهی ۱۱/۹ مولار است. چند مول HCl در ۳۰۰/۰ میلی لیتر این محلول وجود دارد؟

پاسخ:

$$\text{mol HCl} = 300.0 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{11.9 \text{ mol HCl}}{\text{L}} = 0.3 \times 11.9 = 3.57 \text{ mol HCl}$$

بنابراین ۳/۵۷ مول هیدروکلریک اسید در ۳۰۰/۰ میلی لیتر محلول ۱۱/۹ مولار تجاری آن وجود دارد.

۱- در مورد ترکیبات اکسیدکننده، در بخش‌های دیگر این پودمان توضیحات لازم خواهد آمد.



## فعالیت عملی ۲



### تهیه محلول استاندارد اولیه سدیم کربنات

**مواد لازم:** سدیم کربنات بدون آب  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (جرم مولی =  $106/0$  گرم بر مول)، آب مقطر  
**وسایل لازم:** ترازوی آزمایشگاهی با دقت  $\pm 0/01$  گرم، آون، خشکانه<sup>۱</sup>، بشر  $250$  میلی لیتری، بالن حجم سنجی  $250$  میلی لیتری، همزن شیشه‌ای، شیشه ساعت، چراغ گاز، توری و سه پایه، بوتله چینی

#### نکات ایمنی



- استفاده از عینک در هنگام آزمایش توصیه می‌شود.
- بعد از هرگونه تماس و پاشیدگی مواد شیمیایی به پوست بلافاصله محل را با آب فراوان شست‌وشو دهید.
- استنشاق و تماس چشمی با پودر سدیم کربنات خطرناک است.

### روش کار:

۱.  $10$  گرم سدیم کربنات خالص را در بوتله چینی خشک و تمیز بریزید و به مدت یک ساعت در آون که دمای آن در گستره دمایی  $105^\circ\text{C}$  تنظیم شده است، قرار دهید.

#### نکته

گرما دادن سدیم کربنات در دمای  $260^\circ\text{C}$  باعث می‌شود سدیم کربنات آب و گازهای دیگر محبوس در خود را از دست بدهد و به سدیم کربنات خالص تبدیل شود. اگر دما از  $300^\circ\text{C}$  بالاتر رود، سدیم کربنات تجزیه می‌شود.



۲. سپس بوتله چینی را از آون خارج کنید و دهانه آن را با یک شیشه ساعت تمیز یا توسط درپوش خود بوتله بپوشانید و آن را در خشکانه قرار دهید تا خنک شود.

#### نکته

سدیم کربنات قدرت جذب آب از هوای اطراف خود را دارد؛ بنابراین پس از آنکه ظرف محتوای آن کمی در خشکانه خنک شد؛ آن را به یک شیشه تمیز با درپوش کاملاً بسته منتقل کنید و در تمام مدت در خشکانه نگه‌داری کنید.



۳. شیشه ساعت را روی کفه ترازو قرار دهید و جرم آن را یادداشت کنید. ترازو را صفر کرده و مقدار  $2/65$  گرم سدیم کربنات خشک شده بدون آب را به دقت اندازه‌گیری کنید.

۴. سدیم کربنات را به بشر حاوی  $50$  میلی لیتر آب مقطر انتقال دهید و دوباره شیشه ساعت را برای اطمینان از انتقال تمامی سدیم کربنات به بشر، وزن کنید.

۵. مخلوط را هم بزنید تا سدیم کربنات به طور کامل در آب حل شود و سپس با استفاده از قیف آن را به بالن حجم سنجی انتقال دهید. بشر را چند بار با آب مقطر بشوید و در بالن بریزید تا از انتقال کامل سدیم کربنات به بالن حجم سنجی اطمینان حاصل کنید.

۶. آب مقطر به بالن حجم سنجی اضافه کنید تا حجم محلول به خط نشانه بالن برسد.

۷. در بالن را ببندید و چندین بار بالن را سروته کنید تا مطمئن شوید محتویات آن یکنواخت شده است.

۸. با توجه به مقدار سدیم کربنات اضافه شده در مرحله ۳ غلظت آن را محاسبه کنید.

تمرین ۱



با محاسبات نشان دهید برای تهیه ۲۵۰ میلی لیتر محلول سدیم کربنات ۰/۱ مولار، از ۲/۶۵ گرم سدیم کربنات بدون آب استفاده می شود (جرم مولی سدیم کربنات بدون آب،  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ۱۰۶/۰ گرم بر مول).

تحقیق کنید  
۱



محلول های استاندارد، تا چه زمانی پایدار هستند؟

فعالیت عملی ۳



تهیه محلول استاندارد اولیه اگزالیک اسید

مواد لازم: اگزالیک اسید  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (جرم مولی = ۱۲۶/۱ گرم بر مول)، آب مقطر  
وسایل لازم: ترازوی آزمایشگاهی با دقت  $\pm 0.01$  گرم، بشر ۲۵۰ میلی لیتری، بالن حجم سنجی ۲۵۰ میلی لیتری، همزن شیشه ای، شیشه ساعت، قیف

نکات ایمنی



- اگزالیک اسید ۰/۱ مولار ممکن است باعث بروز علائم حساسیت در چشم و پوست شود. در هنگام کار از عینک ایمنی و دستکش استفاده شود.
- در صورت تماس و پاشیدگی مواد شیمیایی به پوست، بلافاصله محل را با آب فراوان شست و شو دهید.

روش کار:

- ۱ جرم شیشه ساعت را با ترازوی دقیق اندازه گیری و یادداشت کنید. سپس ترازو را صفر کنید و ۳/۲۰ گرم اگزالیک اسید را با دقت اندازه گیری کنید.
- ۲ اگزالیک اسید را به بشر حاوی ۵۰ میلی لیتر آب مقطر انتقال دهید و برای اطمینان از انتقال تمامی مواد به بشر، دوباره جرم شیشه ساعت را اندازه گیری کنید.
- ۳ مخلوط را هم بزنید تا اگزالیک اسید در آب حل شود و سپس با استفاده از قیف آن را به بالن حجم سنجی انتقال دهید.
- ۴ در چندین مرحله، آب مقطر به بالن حجم سنجی اضافه کنید تا حجم محلول به خط نشانه بالن برسد.
- ۵ چندین بار بالن را سروته کنید، تا مطمئن شوید مواد به طور کامل یکنواخت شده است.
- ۶ با توجه به مقدار اگزالیک اسید اضافه شده در مرحله ۱، غلظت آن را محاسبه کنید.

## غلظت نرمال (نرمالیته)

برای آشنایی با غلظت نرمال (نرمالیته)، نخست باید مفهوم هم‌ارز گرم<sup>۱</sup> (اکی‌والان گرم) را شناخت.

### تعیین هم‌ارز گرم

توجه داشته باشید که تعریف و محاسبه یک هم‌ارز گرم و نرمالیته، تابعی از واکنش شیمیایی است. هم‌ارز گرم هر ماده را می‌توان با کمک معادله (۲) محاسبه کرد که در آن هم‌ارز گرم،  $Mw$  جرم مولی و  $n$  ظرفیت مؤثر ماده است:

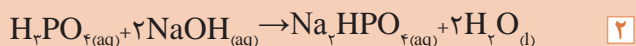
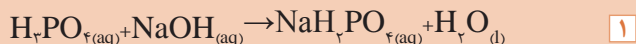
$$Ew = \frac{\text{جرم مولی}}{\text{ظرفیت مؤثر}} \rightarrow Ew = \frac{Mw}{n} \quad \text{معادله ۲}$$

### تعیین ظرفیت مؤثر

الف) در واکنش‌هایی که بین یک اسید و یک باز انجام می‌شود، یک هم‌ارز گرم، مقدار گرم‌های جسمی است که یک مول یون هیدرونیوم<sup>۲</sup> تولید یا مصرف می‌کند در این حالت ظرفیت مؤثر ( $n$ ) برابر تعداد مول هیدرونیوم تولید شده یا مصرف شده در واکنش است. برای مثال اگر  $H_2SO_4$  در واکنش شیمیایی دو مول یون هیدروژن از دست دهد، ظرفیت مؤثر آن برابر ۲، و هم‌ارز گرم آن معادل  $\frac{1}{2}$  مول از  $H_2SO_4$  یعنی ۴۹ گرم خواهد بود. در واکنش (۱) ظرفیت مؤثر سولفوریک اسید برابر یک، اما در واکنش (۲) ظرفیت مؤثر برابر ۲ است.



ظرفیت مؤثر فسفریک اسید در هر یک از واکنش‌های (۱) و (۲) چند است؟



ب) در مورد بازها، یک یون گرم  $OH^-$  معادل یک یون گرم هیدروژن اسیدی است. برای مثال، ۴۰ گرم سود معادل یک هم‌ارز گرم است، زیرا جرم مولی سود  $40 \text{ g mol}^{-1}$  است.

### مثال ۳:

در واکنش زیر ظرفیت مؤثر و هم‌ارز گرم کلسیم هیدروکسید را به دست آورید.

۱- Equivalent weight

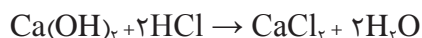
۲- هیدرونیوم (Hydronium) نام کاتیون آبی  $H_3O^+$  است.



حل:

(جرم اتمی کلسیم برابر ۴۰، اکسیژن ۱۶ و هیدروژن برابر ۱ mol<sup>-1</sup> g است.)

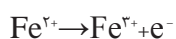
$$M_w = \text{Ca(OH)}_2 = 74 \text{ g mol}^{-1}$$



با توجه به واکنش انجام شده، ظرفیت مؤثر کلسیم هیدروکسید برابر ۲ است؛ بنابراین هم‌ارز گرم چنین محاسبه می‌شود:

$$E_w = \frac{M_w}{n} = \frac{74}{2} = 37 \text{ g}$$

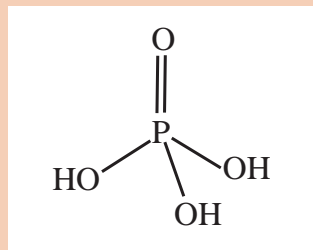
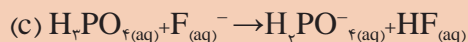
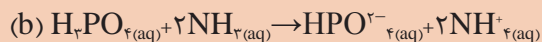
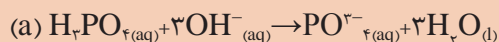
(ج) در واکنش‌های اکسایش - کاهش، یک هم‌ارز گرم، مقدار گرم‌های جسمی است که یک مول الکترون تولید یا مصرف می‌کند. برای مثال در واکنش زیر یک هم‌ارز گرم از Fe<sup>2+</sup> یک الکترون تولید می‌کند، که معادل جرم اتمی عنصر آهن یعنی ۵۶ گرم است.



تمرین ۲



هم‌ارز گرم فسفریک اسید در واکنش‌های زیر را محاسبه کنید.



### تعریف نرمالیت

محلولی که در یک لیتر آن، یک هم‌ارز گرم از جسم حل شده وجود داشته باشد محلول نرمال، و به تعداد هم‌ارز گرم‌های جسم حل‌شونده در لیتر محلول، نرمالیت می‌گویند. برای محاسبه نرمالیت، ابتدا از تقسیم جرم ماده حل‌شونده بر مقدار هم‌ارز گرم، تعداد هم‌ارز گرم جسم حل‌شونده به دست می‌آید (معادله ۳)، سپس با استفاده از معادله (۴) نرمالیت محلول محاسبه می‌شود.

$$\text{معادله ۳} \quad \text{جرم حل‌شونده} = \frac{m(g)}{E_w} = \text{تعداد هم‌ارز گرم‌های جسم حل شده}$$

معادله ۴

$$N = \frac{\text{تعداد هم‌ارز گرم‌های جسم حل شده}}{\text{لیتر محلول}} = \text{نرمالیت}$$

از ادغام معادلات ۲، ۳ و ۴ معادله ۵ بین نرمالیت و مولاریته به دست می‌آید:

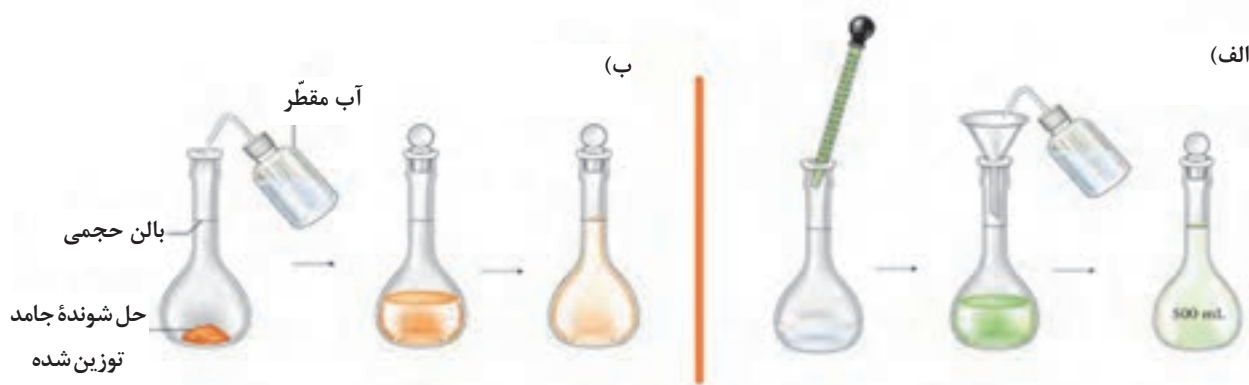
$$E_w = \frac{M_w}{n}$$

$$\text{تعداد هم‌ارز گرم‌های جسم حل شده} = \frac{m(g)}{E_w}$$

$$N = \frac{\text{تعداد هم‌ارز گرم‌های جسم حل شده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{\frac{m(g)}{E_w}}{L} = \frac{\frac{m(g)}{M_w}}{\frac{n}{L}} = \frac{m(g) \times n}{M_w \times L} = M \times n$$

معادله ۵  $N=M \times n$  در نتیجه خواهیم داشت:

در شکل ۱ مراحل تهیه محلول با نرمالیت مشخص از نمونه‌های مایع و جامد نشان داده شده است.



شکل ۱- تهیه محلول با نرمالیت مشخص از (الف) نمونه مایع (ب) نمونه جامد

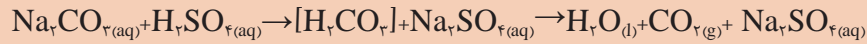
بیشتر بدانید



تمرین ۳

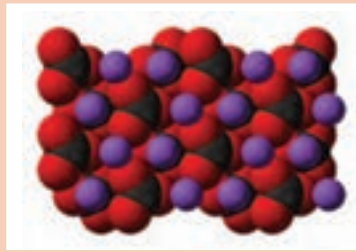
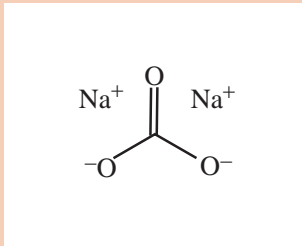


در استاندارد کردن سولفوریک اسید از سدیم کربنات به عنوان استاندارد اولیه استفاده می‌شود. برای این منظور از یک محلول ۰/۰۵ نرمال از سدیم کربنات ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) طبق واکنش زیر استفاده می‌شود:



$[\text{H}_2\text{CO}_3]$  یک محصول واسطه است که به طور مستقیم به  $\text{H}_2\text{O}$  و  $\text{CO}_2$  تبدیل می‌شود. چند گرم سدیم کربنات برای تهیه یک لیتر محلول ۰/۰۵ نرمال  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  لازم است؟

$\text{Na}_2\text{CO}_3 = 105.99 \text{ g mol}^{-1}$  جرم مولی



ساختار شیمیایی و پودر سدیم کربنات

نکته



ویژگی مهم دیگر یک استاندارد اولیه این است که در صورت امکان وزن آکی والان بالایی داشته باشد، تا خطای توزین کاهش یابد.

تمرین ۴



اگر ۵۸/۶ گرم باریوم هیدروکسید  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  در ۵/۶۵ لیتر آب حل شده باشد، مولاریته و نرمالیتة محلول چقدر خواهد بود؟ (جرم مولی باریوم هیدروکسید  $171.3 \text{ g mol}^{-1}$  است).

تمرین ۵



۱۰/۸ گرم پتاسیم نیترات ( $\text{KNO}_3$ ) در چه مقدار آب حل شود تا محلول ۰/۲۸ نرمال به دست آید؟ (جرم مولی پتاسیم نیترات  $101.1 \text{ g mol}^{-1}$  است).

## غلظت مولال (مولالیته)

در مواردی که واحدهای غلظت باید از دما مستقل باشند، غلظت مولالیته استفاده می‌شود. مولالیته و نرمالیته به حجم محلولی که حل‌شونده در آن حل شده است، بستگی دارند. از آنجا که حجم، یکی از خواص وابسته به دما است، غلظت‌های مولار و نرمال تابعی از دما هستند و با تغییرات دما تغییر می‌کنند. با استفاده از جرم حلال به جای حجم، غلظت به دست آمده تابعی از دما نخواهد بود. مطابق معادله (۶) غلظت مولالیته، مول حل‌شونده به کیلوگرم حلال تعریف می‌شود.

$$\text{معدله ۶} \quad \text{مولالیته} = \frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{کیلوگرم حلال}}$$

مثال ۴:

مولالیته محلولی که از حل شدن ۲۵ گرم نمک سدیم کلرید در ۲۰ لیتر آب حاصل می‌شود، چقدر است؟ (فرض کنید چگالی آب  $1 \text{ g mol}^{-1} = 1 \text{ kg L}^{-1}$  است)

پاسخ:

$$\text{NaCl} \text{ مولی} = (1 \times 22,99 \text{ g mol}^{-1}) + (1 \times 35,45 \text{ g mol}^{-1}) = 58,44 \text{ g mol}^{-1}$$

$$25 \text{ g NaCl} \times \frac{1 \text{ mol NaCl}}{58,44 \text{ g NaCl}} = 0,428 \text{ mol NaCl}$$

$$20 \text{ L آب} \times \frac{(1,0 \text{ kg})}{(1,0 \text{ L آب})} = 20 \text{ kg آب}$$

$$\text{مولالیته} = \frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{کیلوگرم حلال}} = \frac{0,428 \text{ mol NaCl}}{20 \text{ kg آب}} = 0,214 \text{ m NaCl}$$

غلظت محلول سدیم کلرید برابر ۰/۲۱۴ مولال است.

### فعالیت عملی ۴



#### تهیه محلول با غلظت مشخص

روش کار:

(الف) ۵۰ میلی‌لیتر محلول ۰/۲۵٪ جرمی - جرمی، جرمی - جرمی و حجمی - حجمی از سدیم هیدروکسید، پتاسیم هیدروکسید، سولفوریک اسید، هیدروکلریدریک اسید و سدیم کلرید را تهیه کنید.

(ب) ۵۰ میلی‌لیتر محلول ۰/۲۵ مولار از سدیم هیدروکسید، پتاسیم هیدروکسید، سولفوریک اسید، هیدروکلریدریک اسید و سدیم کلرید را تهیه کنید.

(پ) ۵۰ میلی‌لیتر محلول ۰/۲۵ نرمال از سدیم هیدروکسید، پتاسیم هیدروکسید، سولفوریک اسید، هیدروکلریدریک اسید و سدیم کلرید را تهیه کنید.

■ در پایان، بر روی محلول‌های تهیه شده برچسب غلظت و تاریخ بزنید.

## قسمت در میلیون<sup>۱</sup> (ppm) و قسمت در بیلیون<sup>۲</sup> (ppb)

بحث گروهی  
۳



به نظر شما، غلظت ذرات گردوغبار در هوا با چه واحدی بیان می شود؟



پراکندگی ذرات گرد و غبار در هوا در روزهای آلوده

به تعداد قسمت‌های حل‌شونده در یک میلیون قسمت از نمونه، ppm و به تعداد قسمت‌های حل‌شونده در یک بیلیون (یا یک میلیارد) قسمت از نمونه، ppb گویند. برای مثال یک نمونه فولاد زنگ‌نزن که ۴۵۰ ppm منگنز دارد، شامل ۴۵۰ میلی‌گرم منگنز در یک کیلوگرم فولاد است. جدول ۲ معادله‌های مختلف ppm و ppb را نشان می‌دهد.

پرسش ۴



الف) چرا از غلظت‌های ppm و ppb استفاده می‌شود؟  
ب) اگر آب به‌عنوان حلال در نظر گرفته شود، مقدار قسمت در میلیون و قسمت در بیلیون m/v و m/m یکسان خواهد بود. علت را توضیح دهید.

### مثال ۵:

یک بطری جوهرنمک (جرم‌گیر کاشی و سرامیک) حاوی ۱۳۵ گرم هیدروژن کلرید و ۷۷۵ گرم آب است. درصد جرمی - جرمی HCl را در این جرم‌گیر پیدا کنید.

### پاسخ:

$$\text{درصد جرمی - جرمی (وزنی - وزنی)} = \frac{\text{گرم حل‌شونده}}{\text{گرم محلول}} \times 100 = \frac{135 \text{ g}}{(135 + 775) \text{ g}} \times 100 = 14.8\%$$

۱- Parts Per Million

۲- Parts Per Billion



### جدول ۲ - معادله‌های مختلف ppm و ppb

معادله	واحد
$(\text{ppm}) \left( \frac{\text{m}}{\text{v}} \right) = \frac{\text{میلی گرم حل شونده}}{\text{لیتر محلول}}$	قسمت در میلیون m/v (ppm)
$(\text{ppm}) \left( \frac{\text{m}}{\text{m}} \right) = \frac{\text{میلی گرم حل شونده}}{\text{کیلوگرم محلول}}$	قسمت در میلیون m/m (ppm)
$(\text{ppb}) \left( \frac{\text{m}}{\text{v}} \right) = \frac{\text{میکروگرم حل شونده}}{\text{لیتر محلول}}$	قسمت در بیلیون m/v (ppb)
$(\text{ppb}) \left( \frac{\text{m}}{\text{m}} \right) = \frac{\text{میکروگرم حل شونده}}{\text{کیلوگرم محلول}}$	قسمت در بیلیون m/m (ppb)

#### مثال ۶:

چند گرم NaCl برای تهیه محلول‌های زیر نیاز است؟  
 الف) ۲۵۰ میلی‌لیتر محلول ۲۵۰۰ ppm (m/v) سدیم کلرید  
 ب) ۲۵۰ میلی‌لیتر محلول ۱۰٪ (m/v) سدیم کلرید  
 پ) ۲۵۰ گرم محلول ۲۰٪ (m/m) سدیم کلرید  
 ت) محلول سرم نمکی که در پزشکی برای شست‌وشوی بینی، تمیزکردن زخم و تزریق وریدی استفاده می‌شود محلول سدیم کلرید ۰/۹۱٪ (m/v) است. چگونه می‌توان ۱/۵ لیتر از این محلول را تهیه کرد؟

#### پاسخ:

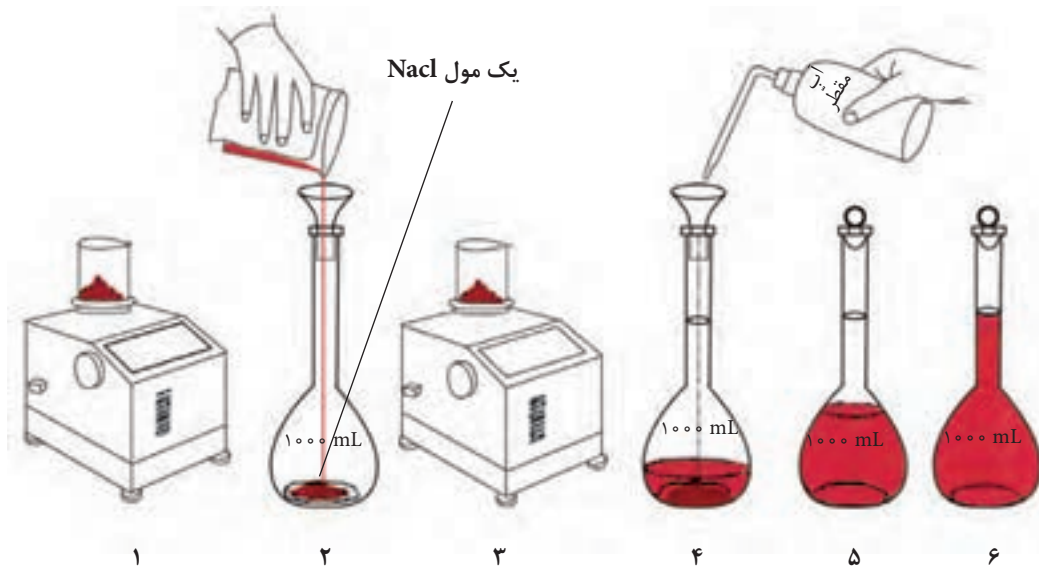
$$\text{الف) } m_{(\text{g})} \text{NaCl} = 250 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{2500 \times 10^{-3} \text{ g}}{\text{L}} = 0.625 \text{ gNaCl}$$

$$\text{ب) } m_{(g)}\text{NaCl} = 250 \text{ mL} \times \frac{10 \text{ gNaCl}}{\text{محلول } 1000 \text{ mL}} = 25 \text{ gNaCl}$$

$$\text{پ) } m_{(g)}\text{NaCl} = 250 \text{ g} \times \frac{20 \text{ gNaCl}}{\text{محلول } 1000 \text{ g}} = 50 \text{ gNaCl}$$

ت) محلول ۰/۹۱٪ سدیم کلرید شامل ۰/۹۱ گرم سدیم کلرید در ۱۰۰ میلی لیتر آب است. بنابراین خواهیم داشت:

$$m_{(g)}\text{NaCl} = 1/5 \text{ L} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \times \frac{0/91 \text{ gNaCl}}{100 \text{ mL}} = \frac{1/5 \times 1000 \times 0/91}{100} = 13/65 \text{ gNaCl}$$



شکل ۲- تهیه محلول با غلظت مشخص

### مثال ۷:

پلی‌کلربی فنیل (PCB) یک ترکیب کلردار آلی است که به‌طور گسترده به‌عنوان مایعات دی‌الکتریک، خنک‌کننده در دستگاه‌های الکتریکی و در مایعات انتقال گرما به‌کار می‌رود. اگر مقدار ۰/۰۶۰ گرم از PCB در ۴/۶۰۰ کیلوگرم خاک نشت کرده باشد، مقدار این آلاینده را بر حسب (m/m) ppb به‌دست آورید.

پاسخ:

$$\left(\frac{\text{m}}{\text{m}}\right) \text{ppb} = \frac{\text{میکروگرم حل شونده}}{\text{کیلوگرم محلول}} = \frac{0.060 \cancel{\text{g}}}{4.600 \text{ kg}} \times \frac{10^6 \mu\text{g}}{1 \cancel{\text{g}}} = 1.30 \times 10^4 \left(\frac{\text{m}}{\text{m}}\right)$$

تمرین ۶

۵/۰ میلی‌گرم از یک نوع دارو در ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل شده است. غلظت محلول را بر حسب ppm (m/v)٪، و (m/m)٪ را به‌دست آورید. (چگالی محلول ۱/۰ g mL<sup>-1</sup> فرض شود).



### فعالیت عملی ۵



### تهیه محلول‌های ppm و ppb

- ۱ محلول‌های مثال شماره ۶ را در آزمایشگاه تهیه کنید.
- ۲ روی محلول‌های تهیه شده برچسب غلظت و تاریخ بزنید.

### مثال ۸:

براساس استانداردهای جهانی، اگر غلظت سرب در آب شیرین به ۱۵ (m/v) ppb برسد، اقدامات احتیاطی خاصی باید صورت گیرد. این غلظت را برحسب ppm (m/v) بیابید. در این غلظت، چه مقدار (μg) سرب در یک لیوان آب معمولی (۳۰۰ میلی‌لیتر) وجود دارد؟

پاسخ:

$$15 \text{ ppb} \times \frac{1 \text{ ppm}}{10^3 \text{ ppb}} = 0.015 \text{ ppm} \left(\frac{\text{m}}{\text{v}}\right)$$

$$\text{میکروگرم سرب} = 300 \text{ mL} \times \frac{1 \cancel{\text{L}}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{15 \mu\text{g}}{1 \cancel{\text{L}}} = 4.5 \mu\text{g}$$



آب ژاول (سدیم هیپوکلریت) به عنوان مایع سفیدکننده و ضدعفونی کننده، برای شست و شوی لباس (غیر از لباس پشمی، ریون و چرمی)، تمیز و ضدعفونی کردن سطوح استفاده می‌شود. روش استفاده از این مایع چگونه است؟



آیا تاکنون از ماده جرم‌گیر (هیدروکلریک اسید) استفاده کرده‌اید؟ هر دو این محلول‌ها به صورت غلیظ استفاده نمی‌شوند و باید با آب رقیق شوند. علت را بیان کنید. به نظر شما، نسبت رقیق‌سازی این مواد با آب چقدر است؟

محاسبات رقیق‌سازی برای تهیه صحیح محلول رقیق، یکی از فرایندهای اصلی آماده‌سازی نمونه در کارهای روزانه شیمی‌دان‌ها، در آزمایشگاه‌ها است. برای مثال هیدروکلریک اسید آزمایشگاهی ۱۱٫۹ مولار است که بیشتر مواقع در آزمایشگاه‌ها بعد از رقیق‌سازی با آب غلظت نهایی آن به ۶٫۰ تا ۱٫۰ مولار می‌رسد. تغییر رنگ و غلظت محلول‌ها در فرآیند رقیق‌سازی در شکل‌های ۳-۵ نشان داده شده است.

محلول رقیق → حلال + محلول غلیظ



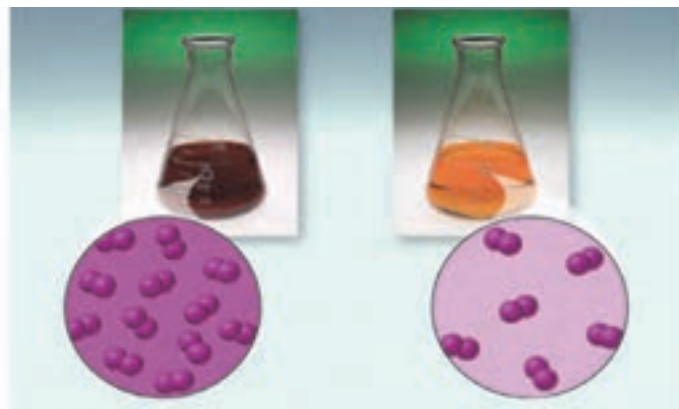
تعداد مول‌های حل‌شونده پس از رقیق‌سازی = تعداد مول‌های حل‌شونده پیش از رقیق‌سازی

شکل ۳- رقیق‌سازی محلول‌ها



رقیق ← غلیظ

شکل ۴- مقایسه ظاهری محلول‌های غلیظ و رقیق



محلول رقیق (تعداد ذرات حل‌شونده کمتر در واحد حجم) و محلول غلیظ (تعداد ذرات حل‌شونده بیشتر در واحد حجم)  
 شکل ۵- تغییر رنگ و غلظت محلول‌ها در فرآیند رقیق‌سازی

نکته

تعداد مول‌های حل‌شونده در محلول‌های اولیه و رقیق‌شده یکسان است، ولی با افزایش حلال، حجم و مولاریته آنها تغییر کرده است. زیرا تعداد مول حل‌شونده از حاصل ضرب مولاریته در حجم به دست می‌آید (معادله ۷).

تعداد مول‌های حل‌شونده در محلول اولیه = تعداد مول‌های حل‌شونده در محلول رقیق

$$M_i \times V_i = M_f \times V_f \rightarrow \text{حجم} \times \text{مولاریته} = (\text{مقدار ثابت}) \text{ مول حل‌شونده} \quad \text{معادله ۷}$$

مقدار  $M_i$  مولاریته اولیه،  $V_i$  حجم اولیه،  $M_f$  مولاریته نهایی و  $V_f$  حجم نهایی پس از رقیق‌سازی است.



بیشتر بدانید



با جابه‌جایی در معادله (۷) خواهیم داشت:

$$M_f = M_i \times \frac{V_i}{V_f} \quad \text{معادله ۸}$$

این معادله نشان می‌دهد مولاریته پس از رقیق‌سازی ( $M_f$ ) از حاصل ضرب مولاریته اولیه ( $M_i$ ) در نسبت حجم اولیه به حجم نهایی ( $\frac{V_i}{V_f}$ ) به دست می‌آید. عبارت ( $\frac{V_f}{V_i}$ ) را ضریب رقیق‌سازی<sup>۱</sup> گویند (معادله ۹).

$$\text{ضریب رقیق‌سازی (DF)} = \left( \frac{V_f}{V_i} \right) \rightarrow DF = \left( \frac{V_f}{V_i} \right) = \left( \frac{M_i}{M_f} \right) \quad \text{معادله ۹}$$

فرض کنید ۵۰/۰ میلی‌لیتر محلول ۲/۰۰ مولار به حجم ۲۰۰/۰ میلی‌لیتر رقیق شده است. حجم محلول با ضریب ۴ (از ۵۰/۰ میلی‌لیتر به ۲۰۰/۰ میلی‌لیتر) افزایش یافته است؛ لذا غلظت محلول باید با ضریب ۴ کاهش یابد (از ۲/۰۰ مولار به ۰/۵۰۰ مولار).

$$DF = \left( \frac{V_f}{V_i} \right) = \left( \frac{M_i}{M_f} \right) \rightarrow DF = ((200/0) / (50/0)) = \left( \frac{M_i}{M_f} \right) \rightarrow 4 = \left( \frac{2/00}{M_f} \right) \rightarrow M_f = 0/500$$

## قوانین رقیق سازی

- ۱ واحدهای حجم برای هر دو حجم اولیه ( $V_i$ ) و نهایی ( $V_f$ ) باید یکسان باشد.
- ۲ غلظت‌های ( $M_i$ ) و ( $M_f$ ) فقط به مولاریته محدود نمی‌شوند، بلکه می‌توانند به سایر واحدهای غلظت نیز تعمیم داده شوند.

$$M_1 V_1 = M_2 V_2 \quad \text{و} \quad N_1 V_1 = N_2 V_2$$

## مثال ۹

برای هیدروکلریک اسید با مشخصات زیر، غلظت برحسب مولاریته را به دست آورید.

$$M_w = 36.47 \text{ g mol}^{-1}, \quad d = 1.19 \text{ g mL}^{-1}, \quad a = 37\% (\text{m/m})$$

پاسخ:

$$M \text{ mol L}^{-1} = \frac{37\% \text{ g HCl}}{100 \text{ گرم محلول}} \times \frac{1.19 \text{ g محلول}}{1 \text{ میلی لیتر محلول}} \times \frac{1000 \text{ میلی لیتر محلول}}{1 \text{ لیتر محلول}} \times \frac{1 \text{ mol HCl}}{36.47 \text{ g HCl}}$$

$$= 12.07 \text{ mol L}^{-1} \text{ (M)}$$

تمرین اضافی



الف) سدیم هیدروکسید کاربرد بسیار زیادی در صنایع مختلف، از جمله: تولید صابون و مواد شوینده و پاک کننده، کاغذسازی، دباغی، تصفیه آب، صنایع نساجی، پتروشیمی و استخراج نفت، تولید محصولات لبنی، صنایع فلز و تولید شیشه، روی، آلومینیم و آبکاری دارد، به همین دلیل سالیانه میلیون ها تن از آن در سراسر جهان تولید می‌شود. محاسبه کنید برای تهیه ۲ کیلوگرم محلول سود ( $\text{NaOH}$ ) با غلظت  $(\text{m/m}) 20\%$ ، چند گرم سدیم هیدروکسید مورد نیاز است؟

ب) چگونه می‌توان از محلول  $(\text{m/v}) 25\%$  سدیم کلرید ۲۵۰ میلی لیتر محلول  $(\text{m/v}) 0.95\% \text{ NaCl}$  (سرم نمکی) تهیه کرد؟

پ) در مخزن ۱ محلول ۸۰٪ و مخزن ۲ محلول ۲۰٪ الکل نگه‌داری می‌شود، چند لیتر از این دو محلول باید با هم مخلوط شوند تا ۱۲ لیتر محلول ۶۰٪ الکل تهیه شود؟

ت) یک مخزن حاوی ۴۰ لیتر محلول نمک ۵٪ است، چه مقدار محلول ۲۰٪ نمک باید اضافه شود تا محلول ۱۰٪ تهیه شود؟

به نظر شما، آیا با استفاده از معادله‌های رقیق سازی می‌توان از محلول رقیق، محلول غلیظ تهیه کرد؟ چرا؟

بحث گروهی

۵



## فعالیت عملی ۶



### رقیق‌سازی محلول‌های غلیظ به‌طور عملی

محلول‌های تهیه شده در فعالیت عملی ۵ را به ترتیب زیر رقیق کنید.  
 الف) از محلول ۲۵۰۰ ppm سدیم کلرید، ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول ۲۵ ppm تهیه کنید.  
 ب) از محلول (m/v) ۱۰٪ سدیم کلرید، ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول سدیم کلرید (m/v) ۰/۹۱٪ تهیه کنید.  
 ج) از محلول (m/m) ۲۰٪ سدیم کلرید، ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول (m/m) ۱۰٪ سدیم کلرید تهیه کنید.  
 ■ در پایان، بر روی محلول‌های غلیظ و رقیق تهیه شده برچسب غلظت و تاریخ بزنید.

## تعادل اسید-باز

هر روز در بخش‌های گوناگون زندگی، انواع مواد شیمیایی مصرف می‌شود که در اغلب آنها، اسیدها و بازها نقش مهمی ایفا می‌کنند. با توجه به شکل زیر، نمونه‌هایی از آنها را ذکر کنید.

بحث‌گروهی

۶



چند نمونه گیاه کاکتوس

برخی از کاکتوس‌ها، تمایل به خاک قلیایی دارند و برخی در خاک‌های اسیدی به‌خوبی رشد می‌کنند. ولی بیشتر آنها در خاک نزدیک به اسیدی رشد مناسبی دارند. اما گونه‌های کمی هستند که به‌طور کلی خاک اسیدی را نمی‌پسندند (برای مثال stapelia). تحقیق کنید، دوستداران کاکتوس چگونه خاک و آب محیط کشت این گیاهان را کنترل می‌کنند؟

تحقیق کنید

۲



در ابتدا محلول‌های اسیدی و بازی برحسب بعضی خواص فیزیکی و شیمیایی که به راحتی قابل تشخیص هستند، تعریف شدند. برای مثال محلولی با طعم ترش که رنگ شناساگرها را تغییر می‌دهد (تورنسل را قرمز می‌کند) و با فلزات فعال مانند روی و منیزیم واکنش می‌دهد و هیدروژن آزاد می‌کند، اسید و محلول لزوج با طعم تلخ که تورنسل را آبی می‌کند، باز نامیده می‌شود. اما به همراه توسعه شناخت ساختار ماده، دانشمندان درباره رابطه متقابل خواص اسیدی و بازی و ساختار موادی که دارای چنین خصوصیتی هستند، تحقیقات بیشتری به عمل آوردند و نظریات جدیدی را ارائه کردند.

## نظریه اسیدها و بازها

**نظریه آرنیوس:** در سال ۱۸۸۷ آرنیوس تعریفی از اسیدها و بازها ارائه داد.

- همه اسیدها دست کم دارای یک یون  $H^+$  و همه بازها دارای یون  $OH^-$  هستند.
- اسیدها مانند سولفوریک اسید بدون آب یا استیک اسید ۱۰۰٪ بدون آب غیرالکترولیت هستند (جریان برق را عبور نمی‌دهند). ولی محلول آبی آنها رسانای الکتریسیته است.
- واکنش اسید - باز، برهم کنش یون‌های هیدروژن و هیدروکسید و تولید مولکول آب براساس واکنش زیر است.



در واکنش بالا  $aq$  نشان دهنده فاز آبی و  $l$  نشان دهنده فاز مایع است.



الف) با توجه به نظریه آرنیوس، تفاوت هیدروژن کلرید خالص و هیدروکلریک اسید چیست؟  
ب) بر اساس نظریه آرنیوس، یک مثال برای باز بیاورید.

سوانت آرنیوس (۱۸۵۹-۱۹۲۷)

پرسش ۵



بیشتر بدانید



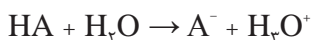
محدودیت‌های تعریف آرنیوس:

- تعریف آرنیوس از اسید و باز متکی بر آب و واکنش‌های اتفاق افتاده در محلول‌های آبی است و در تفسیر واکنش‌های اسیدی و بازی در غیاب آب ناتوان است.
- در این نظریه، باز دارای یون هیدروکسید ( $OH^-$ ) است؛ در صورتی که آمونیاک ( $NH_3$ ) دارای خواص بازی است؛ ولی گروه  $OH^-$  ندارد.  
لذا نیاز به تعریف جامع‌تری وجود دارد.

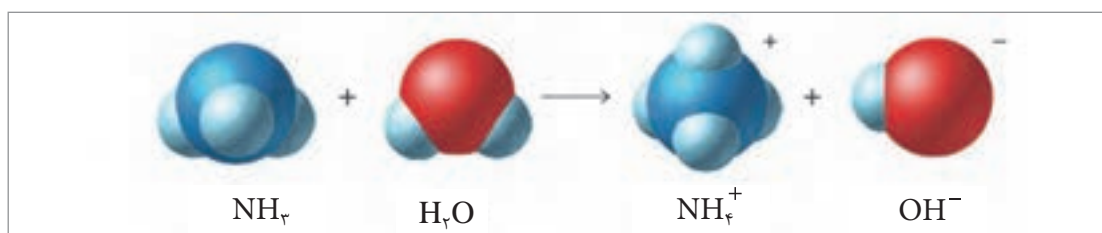
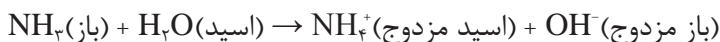


### نظریهٔ برونستد - لوری<sup>۱</sup>

در سال ۱۹۲۳ ژوهانس - ان - برونستد<sup>۲</sup> و توماس ام لوری<sup>۳</sup> مستقل از یکدیگر مفهوم گسترده‌تری برای اسیدها و بازها ارائه دادند. بر اساس این نظریه، یک واکنش اسید - باز با انتقال پروتون همراه است. در این تعریف ماده‌ای که پروتون از دست می‌دهد، اسید است،



و ماده‌ای که پروتون می‌پذیرد، باز است (شکل ۶).



شکل ۶- واکنش یک اسید با یک باز شامل انتقال پروتون از اسید به باز

در این صورت واکنش یک اسید با یک باز شامل انتقال پروتون از اسید به باز خواهد بود. این نظریه بر وابستگی اسید و باز را به یکدیگر تأکید می‌کند؛ یعنی یکی بدون حضور دیگری واکنش نمی‌دهد. اسید قوی‌تر، آسان‌تر پروتون خود را از دست می‌دهد و باز قوی‌تر، راحت‌تر پروتون می‌پذیرد.

جفت اسید - باز را که با از دست دادن و به دست آوردن پروتون به هم مربوط می‌شوند، یک جفت اسید - باز مزدوج می‌نامند.  $NH_4^+$  اسید مزدوج باز  $NH_3$  و  $NH_3$  باز مزدوج اسید  $NH_4^+$  است. همچنین  $OH^-$  باز مزدوج اسید  $H_2O$  و  $H_2O$  اسید مزدوج باز  $OH^-$  است.

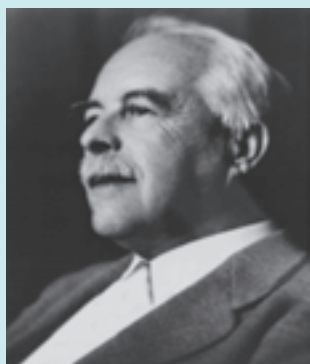
به عبارت دیگر، باز برای تبدیل شدن به اسید مزدوج یک پروتون می‌گیرد؛ لذا بار مثبت به دست می‌آورد و اسید بار مثبت از دست می‌دهد یا ضمن تبدیل به باز مزدوج بار منفی به دست می‌آورد. مثال‌های زیر گویای این مطلب است:

باز $\xrightarrow{+H^+}$ اسید مزدوج	باز مزدوج $\xrightarrow{-H^+}$ اسید
$NH_3 \xrightarrow{+H^+} NH_4^+$	$NH_4^+ \xrightarrow{-H^+} NH_3$
$OH^- \xrightarrow{+H^+} H_2O$	$HSO_4^- \xrightarrow{-H^+} SO_4^{2-}$
$O^{2-} \xrightarrow{+H^+} OH^-$	$HNO_3 \xrightarrow{-H^+} NO_3^-$

۱- Bronsted - Lowry Theory

۲- Johannes - N Bronsted

۳- Thomas - M Lowry

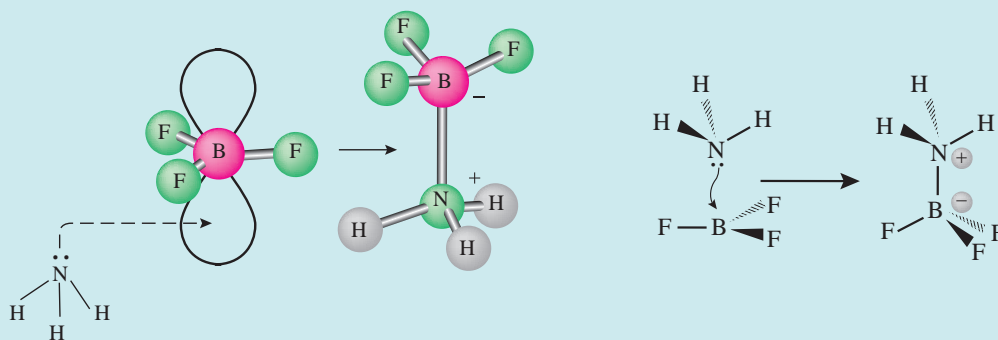


گیلبرت نیوتون لوئیس (۱۹۴۶-۱۸۷۵)

### نظریه لوئیس:

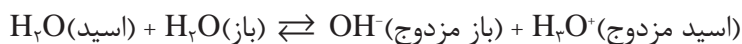
گیلبرت لوئیس<sup>۱</sup> در سال ۱۹۲۳ مفهوم وسیع‌تری از اسیدها و بازها را مطرح نمود و پدیده‌های اسید و باز را از قید پروتون آزاد کرد. اساس این تعریف تبادل جفت الکترون در واکنش است.

مطابق این نظریه، ماده‌ای با جفت الکترون غیرمشترک که با آن می‌تواند با یک اتم، مولکول یا یون پیوند کوالانسی تشکیل دهد، باز، و ماده‌ای که می‌تواند با پذیرفتن یک جفت الکترون از یک باز پیوند کوالانسی تشکیل دهد اسید است. اسید لوئیس باید برای دریافت جفت الکترون از باز، اوربیتال<sup>۲</sup> خالی داشته باشد (شکل زیر). بنابراین، یون پروتونوم یا هیدرونیوم ( $H_3O^+$ ) خود یک اسید لوئیس است.



نمایش انتقال الکترون به اوربیتال خالی در نظریه لوئیس

برخی مواد گاهی به‌عنوان اسید و گاهی به‌عنوان باز عمل می‌کنند. این‌گونه مواد را دوخصلتی یا آمفوتر<sup>۳</sup> گویند. برای مثال، آب در واکنش با استیک‌اسید به‌عنوان باز، و در واکنش با آمونیاک به‌عنوان اسید عمل می‌کند.



۱- Gilbert N. Lewis

۲- اربیتال: به فضای سه‌بعدی در اطراف هسته که احتمال حضور الکترون در آن بیش از ۹۰٪ باشد، اربیتال گویند.

۳- Amphotric

برای واکنش‌های تعادلی نام‌برده، ثابت تعادل تعریف می‌شود؛ برای مثال برای آب می‌توان نوشت (معادله ۱۰):



در آب خالص با دمای  $25^\circ C$  غلظت  $H^+$  و  $OH^-$  مساوی و مقدار آنها  $[H^+] = [OH^-] = 1.0 \times 10^{-7} M$  و  $[OH^-] = 1.0 \times 10^{-7} M$  است؛ لذا ثابت تعادل آب در دمای  $25^\circ C$  از معادله (۱۱) به دست می‌آید:

$$K_w = [H^+][OH^-] = (1.0 \times 10^{-7} M)(1.0 \times 10^{-7} M) = 1.0 \times 10^{-14} M^2 \quad \text{معادله ۱۱}$$

اگر  $[H^+] = [OH^-]$  باشد محلول خنثی است، اگر  $[H^+] > [OH^-]$  باشد، محیط اسیدی و در صورتی که  $[H^+] < [OH^-]$  باشد، محیط قلیایی (بازی) خواهد بود.

مثال ۱۰:

غلظت یون  $H^+$  را در محلول آبی که غلظت یون  $OH^-$  برابر  $0.025 M$  مولار باشد، بیابید.

پاسخ:

$$[H^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} = \frac{1.0 \times 10^{-14} M^2}{0.025 M} = 4.0 \times 10^{-12} M$$

در رابطه با کاربردهای مواد آموخته تحقیق کنید و در کلاس ارائه دهید.

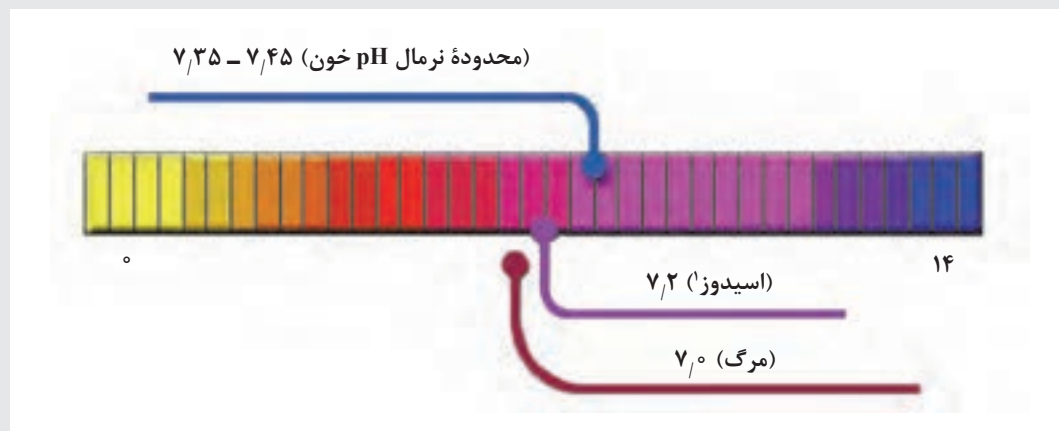
تحقیق کنید  
۳



بحث گروهی  
۷



آیا می‌دانید گستره pH خون یک فرد سالم در محدوده ۷/۳۵-۷/۴۵ است؟ و اگر مقدار آن به ۷/۰ کاهش یابد و یا به ۷/۸ افزایش یابد، باعث مرگ می‌شود؟ pH چگونه در بدن تنظیم می‌شود؟



معیار میزان اسیدی بودن یک محلول با یک عدد ساده بیان می‌شود که سورن سین<sup>۱</sup> زیست‌شیمیدان دانمارکی، بر این مقیاس نام pH نهاد. در این مقیاس، به جای گزارش غلظت یون هیدرونیوم، (که عددی کوچکی از  $10^{-14}$  تا  $10^{-1}$  mol L<sup>-1</sup> را در بر می‌گیرد) از منفی لگاریتم این غلظت استفاده می‌شود. لذا برای سهولت در محاسبات از متغیر pH به جای  $[H_3O^+]$  استفاده می‌شود که به صورت معادله‌های ۱۲ و ۱۳ تعریف می‌شود:

$$pH = -\log[H^+] \quad \text{معادله ۱۲}$$

$$[H^+] = 10^{-pH} \quad \text{معادله ۱۳}$$

شکل ۷ pHهای مواد غذایی مختلف را نشان می‌دهد.



شکل ۷- pH متفاوت مواد غذایی

بر اساس معادلات ثابت تعادل آب می‌توان نوشت:

$$K_w = [H^+][OH^-] = (1.0 \times 10^{-7} M)(1.0 \times 10^{-7} M) = 1.0 \times 10^{-14} M^2$$

بیان غلظت یون  $H^+$  در محلول‌های اسیدی، بازی و خنثی به صورت زیر است:

$[H^+] > 1.0 \times 10^{-7} M$ ,  $pH < 7$ : محلول‌های اسیدی

$[H^+] < 1.0 \times 10^{-7} M$ ,  $pH > 7$ : محلول‌های بازی

$[H^+] = 1.0 \times 10^{-7} M$ ,  $pH = 7$ : محلول‌های خنثی

افزایش عددی pH به مفهوم کاهش  $[H^+]$  است.

نکته



pOH نیز شبیه pH به صورت معادله (۱۴) تعریف می‌شود:

$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] \quad \text{معادله ۱۴}$$

در بیان قدرت اسیدی و بازی محلول از مقدار pH استفاده می‌شود؛ لذا استفاده از pOH معمول نیست. با توجه به ثابت تعادل آب، اگر از دو طرف معادله لگاریتم گرفته شود، خواهیم داشت:

$$-\log([\text{H}^+][\text{OH}^-]) = -\log([\text{H}^+]) + (-\log[\text{OH}^-]) = -\log(1.0 \times 10^{-14}) = 14$$

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14 \quad \text{معادله ۱۵}$$

بنابراین با استفاده از معادله (۱۵)، pH و pOH به یکدیگر قابل تبدیل هستند.

تمرین ۷

pH یک محلول را که در آن  $[\text{H}^+] = 6.3 \times 10^{-6} \text{ M}$  است، محاسبه کنید.



مثال ۱۱:

غلظت یون  $\text{H}^+$  را در محلولی که غلظت یون  $\text{OH}^-$  برابر  $0.025 \text{ M}$  باشد، محاسبه کنید.

پاسخ:

$$[\text{H}^+] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} = \frac{1.0 \times 10^{-14} \text{ M}^2}{0.025 \text{ M}} = 4.0 \times 10^{-12} \text{ M}$$

تمرین ۸

الف) غلظت یون  $\text{OH}^-$  را در محلول هیدروکلریک اسید که غلظت یون هیدرونیوم در آن  $1.4 \times 10^{-3} \text{ M}$  مولار است، حساب کنید

ب) pH آب باران جمع شده در یک روز خاص در یک شهر صنعتی  $4.82$  است. غلظت یون  $\text{H}^+$  را در این آب به دست آورید.

پ) اگر pH آب پرتقال  $3.30$  باشد، غلظت یون  $\text{H}^+$  را در آن محاسبه کنید.

ت) غلظت یون هیدرونیوم را برحسب  $\text{mol L}^{-1}$  برای محلول‌های زیر که مقدار pH آنها داده شده است، محاسبه کنید.

الف)  $2.42$       ب)  $11.21$       ج)  $6.96$       د)  $13.05$

اندازه‌گیری pH

با استفاده از شناساگرهای مختلف، کاغذ pH و دستگاه pH سنج، می‌توان ویژگی اسیدی یا بازی مایعات مختلف را تعیین کرد. با انواع معرف‌ها و کاغذ pH در سال‌های قبل آشنا شده‌اید. در ادامه دستگاه pH سنج معرفی می‌شود: الکتروود دستگاه pH سنج را باید پیش از استفاده دست کم با دو محلول بافر<sup>۱</sup> استاندارد (معمولاً بافر ۹ و ۴) تنظیم<sup>۲</sup> کنید. دستور کار تنظیم، برای هر نوع pH سنج متفاوت است؛ بنابراین برای تنظیم دستگاه به دفترچه راهنمای دستگاه pH سنج مراجعه نمایید. پیش از تنظیم دستگاه، الکتروود را با آب مقطر شست‌وشو دهید. شکل ۸، نمونه‌ای از یک pH سنج را نشان می‌دهد.

۱- محلول‌های بافر در کتاب دانش فنی تخصصی توضیح داده شده است.



شکل ۸- یک دستگاه pH سنج و چند نمونه محلول بافر

نکته



- ۱ الکترود pH سنج را باید همواره در آب مقطر (یا مطابق با دستورکار سازنده معمولاً در بافر ۷) قرار داد، مگر اینکه برای مدت طولانی از آن استفاده نشود.
- ۲ در صورتی که اولین بار الکترود را استفاده می‌کنید، باید آن را دست کم ۱۲ ساعت در آب مقطر بگذارید سپس از آن استفاده کنید.
- ۳ در محلول‌هایی که دارای قدرت یونی ضعیفی هستند، الکترودها سریع پاسخ نمی‌دهند، باید اجازه دهید تا الکترود برای چند دقیقه در محلول باقی بماند. به هم‌زدن خوب محلول به این امر کمک می‌کند.
- ۴ هیچ‌وقت الکترود شیشه‌ای را از قسمت حباب آن با دست نگیرید.

## فعالیت عملی ۷



### اندازه‌گیری pH محلول‌های مختلف

با استفاده از شناساگرهای موجود در آزمایشگاه، کاغذ pH و دستگاه pH سنج، ویژگی اسیدی یا بازی چند نمونه میوه، نوشیدنی و مواد غذایی را اندازه‌گیری کنید.

### مواد و وسایل مورد نیاز:

بشر ۱۰۰ میلی‌لیتری چند عدد، کاغذ pH، دستگاه pH سنج، محلول‌های بافر با pH ۴، ۷ یا ۱۰، چند نمونه مایعات مختلف مانند سرکه، آب لیمو، آب میوه‌های مختلف، همزن شیشه‌ای.

### روش کار:

- ۱ ابتدا دستگاه pH سنج را روشن کنید. سپس مطابق روش زیر آن را استاندارد (کالیبره) کنید.
- ۲ دمای مایع مورد آزمایش را اندازه‌گیری کنید.
- ۳ الکترود دستگاه را با استفاده از آب مقطر بشویید و در محلول بافر با pH ۴ قرار دهید و دستگاه را روی ۴ تنظیم کنید.
- ۴ الکترود را از محلول بافر بیرون آورید، با آب مقطر بشویید و در محلول بافر با pH ۷ قرار دهید. دستگاه باید عدد ۷ را نشان دهد. در صورت لزوم با پیچ تنظیم مربوطه روی عدد ۷ تنظیم کنید.

- ۵ حال الکتروود دستگاه را با آب مقطر بشویید و در بشر حاوی مایع مورد سنجش قرار دهید. سپس عدد مربوط به pH را یادداشت کنید.
- ۶ مرحله ۴ را در مورد تمامی نمونه‌های مورد سنجش تکرار کنید.
- ۷ هر کدام از نمونه‌ها را با استفاده از کاغذ pH و شناساگرهای مختلف نیز بررسی کنید.
- ۸ نتایج اندازه‌گیری pH را در جدول با یکدیگر مقایسه کنید.

## ثابت تفکیک اسید-باز

در واکنش زیر:



می‌توان ثابت تعادل را برای واکنش تعادلی بالا به صورت زیر نوشت:

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]}$$

که  $K_b$  ثابت تفکیک بازی است و مقدار آن برای این واکنش برابر  $1.8 \times 10^{-5}$  مولار است. مقدار  $K_b$  برای بازهای ضعیف مانند آمونیاک کم است.

نکته



- توجه داشته باشید که بیان غلظت در معادله ثابت تعادل، غلظت تعادلی واکنش‌دهنده‌ها و محصولات است.
- غلظت تعادلی واکنش‌دهنده‌ها و محصولات برای حل‌شونده‌های گازی، فشار برحسب اتمسفر است.
- برای اجسام جامد، حلال‌ها و مایعات خالص مقدار غلظت تعادلی یک (واحد) در نظر گرفته می‌شود.

### اسیدها و بازهای قوی:

اسیدها و بازهای قوی به‌طور کامل در آب تفکیک می‌شوند. برای مثال، اسیدهای قوی هیدروکلریک اسید (HCl)، نیتریک اسید  $\text{HNO}_3$ ، پرکلریک اسید  $\text{HClO}_4$  و سولفوریک اسید  $\text{H}_2\text{SO}_4$  و بازهای قوی هیدروکسید فلزات قلیایی ( $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ , ...) هستند.

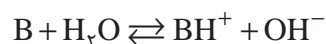
### اسیدها و بازهای ضعیف:

اسیدها و بازهای ضعیف به‌طور کامل تفکیک نمی‌شوند. اگر یک اسید ضعیف تک پروتونی را با HA نمایش دهیم، خواهیم داشت:



و ثابت تفکیک اسیدی از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]}$$

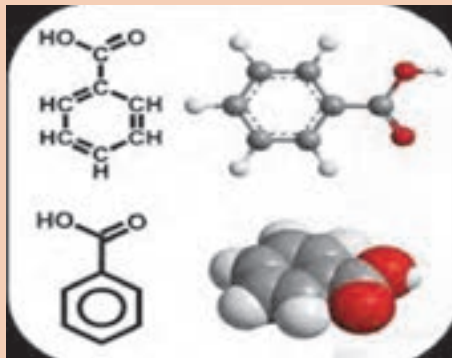


و برای باز ضعیف B خواهیم داشت:

$$K_b = \frac{[\text{BH}^+][\text{OH}^-]}{[\text{B}]}$$



الف) pH محلول هیدروکلریک اسید با غلظت  $1.08 \times 10^{-2}$  مولار را محاسبه کنید.  
 ب) مقدار pH محلول  $0.10$  مولار استیک اسید را که ثابت تفکیک آن  $1.75 \times 10^{-5}$  است، محاسبه کنید.  
 پ) بنزوئیک اسید (شکل زیر) به عنوان نگه دارنده در صنایع غذایی و همچنین به عنوان دارو در درمان بیماری های قارچی پوست و مو استفاده می شود. ثابت اسیدی آن  $6.5 \times 10^{-5}$  است. مقدار pH را برای محلول  $0.10$  مولار آن محاسبه کنید.  
 ت) pH محلول  $0.10$  مولار از یک اسید تک پروتونه  $6.5$  است. ثابت تفکیک اسیدی آن را بیابید.



بنزوئیک اسید ( $C_6H_5COOH$ )

## سنجش حجمی<sup>۱</sup>

سنجش حجمی (تیتراسیون)، یکی از روش های کمی سریع و دقیق در شیمی تجزیه است که به طور وسیعی برای اندازه گیری غلظت ماده مجهول در یک محلول به کار می رود. این روش به طور کلی شامل اندازه گیری حجم محلول با غلظت مشخصی است که باید با محلول جسم مورد سنجش به طور کامل واکنش دهد. محلولی که غلظت آن معلوم است، محلول استاندارد یا تیتروکننده<sup>۲</sup>، و ماده ای که مقدار آن باید تعیین شود، ماده مورد سنجش یا تیتروشونده<sup>۳</sup> نام دارد. فرایند افزودن محلول استاندارد به ماده مورد سنجش را تا انجام واکنش کامل، سنجش حجمی می نامند.

سنجش حجمی معمولاً با افزودن محلول استاندارد از یک بورت و یا از یک وسیله اندازه گیری حجمی دیگر به حجم معینی از محلول ماده مورد سنجش انجام می گیرد تا واکنش بین آنها کامل شود (شکل ۹). نقطه ای که در آن مقدار واکنشگر استاندارد افزوده شده از نظر شیمیایی دقیقاً هم ارز ماده مورد سنجش است، نقطه هم ارزی<sup>۴</sup> نامیده می شود (زمانی تیتراسیون کامل است که محلول استاندارد کافی برای واکنش با تمام ماده مورد سنجش اضافه شده باشد). در این لحظه تعداد هم ارز گرم های محلول استاندارد اضافه شده با تعداد هم ارز گرم های ماده مورد سنجش طبق معادله<sup>۱۶</sup> برابر است.

$$N_1 V_1 (\text{تیتروشونده}) = N_2 V_2 (\text{محلول استاندارد})$$

معادله<sup>۱۶</sup>

۱- Titration

۲- Titrant

۳- Analyte

۴- Equivalence Point



همان‌طور که می‌دانید، شناساگر<sup>۱</sup> ماده‌ای است که در محیط‌های اسیدی و بازی به‌طور واضح رنگ‌های مختلف ایجاد می‌کند. شناساگر معمولاً به ظرف واکنش اضافه می‌شود تا با تغییر رنگ، پایان زمان برهم‌کنش محلول استاندارد و ماده مورد سنجش را نشان دهد. استفاده از شناساگرها می‌تواند نقطه پایانی<sup>۲</sup> را نشان دهد. پس از تکمیل واکنش ماده مورد سنجش با محلول استاندارد، محلول استاندارد با شناساگر وارد واکنش می‌شود و تغییراتی (مثل تغییر رنگ) ایجاد می‌کند که قابل تشخیص است. نقطه هم‌ارزی نقطه‌ای است که در آن محلول استاندارد و ماده مورد سنجش یکدیگر را کاملاً خنثی می‌کنند. به عبارت دیگر، در نقطه هم‌ارزی، هم‌ارزهای محلول استاندارد و ماده مورد سنجش برابر می‌شود اما هنوز رنگ محلول تغییر نکرده است، ولی نقطه پایانی، نقطه‌ای است که رنگ تغییر می‌کند و سنجش حجمی پایان می‌پذیرد. توجه داشته باشید که نقطه پایانی و نقطه هم‌ارزی به ندرت یکی هستند. در حالت ایده‌آل، باید نقطه هم‌ارزی و نقطه پایانی یکسان باشد ولی به دلیل استفاده از شناساگر برای مشاهده نقاط پایانی، این مورد به ندرت اتفاق می‌افتد؛ در نتیجه، تفاوت بین نقطه پایانی و نقطه هم‌ارزی، خطای سنجش حجمی<sup>۳</sup> نامیده می‌شود. در واقع در سنجش حجمی ابتدا واکنش زیر انجام می‌شود:

نقطه هم‌ارزی  $\rightarrow$  یا نسبت استوکیومتری ماده مورد سنجش + محلول استاندارد

در ادامه خواهیم داشت:

(تغییر رنگ) شناساگر واکنش یافته  $\rightarrow$  شناساگر + محلول استاندارد

توجه داشته باشید که با اندازه‌گیری دقیق میزان محلول استاندارد اضافه شده (با استفاده از بورت)، مقدار نمونه را می‌توان تعیین کرد (شکل ۹).



شکل ۹- وسایل مورد نیاز در هنگام سنجش حجمی

چرا در سنجش حجمی، فقط چند قطره شناساگر استفاده می‌شود؟  
در سنجش حجمی، افزایش محلول استاندارد را با تغییر بسیار کم رنگ از شناساگر باید ادامه داد. علت چیست؟

بحث‌گروهی  
۸



- ۱- Indicator
- ۲- End Point
- ۳- Titration Error



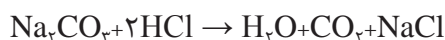
- برای یک سنجش حجمی موفق، به نکات زیر باید توجه شود:
- محلول استاندارد یا تیتراکننده، باید استاندارد اولیه باشد یا استاندارد شود (استاندارد ثانویه)
- واکنش باید به یک نقطه هم‌ارزی پایدار و مناسب پایان پذیرد.
- نقطه هم‌ارزی باید قابل تشخیص باشد.
- حجم یا جرم دقیق محلول استاندارد و نمونه باید دقیقاً مشخص باشد.
- واکنش باید محصولات مشخص تولید کند و هیچ واکنش جانبی پیچیده‌ای وجود نداشته باشد.
- واکنش باید در نقطه هم‌ارزی کامل باشد. به عبارت دیگر، تعادل شیمیایی باید به تولید محصولات مطلوب منجر شود.
- سرعت واکنش باید به اندازه کافی زیاد باشد.

## فعالیت عملی ۸



### سنجش حجمی به منظور استاندارد کردن محلول هیدروکلریک اسید

هیدروکلریک اسید شرایط استاندارد اولیه را ندارد؛ بنابراین پیش از استفاده باید غلظت دقیق آن با یک محلول استاندارد اولیه تعیین گردد. با استفاده از سدیم کربنات تهیه شده در فعالیت آزمایشگاهی (۴) و با توجه به واکنش زیر می‌توان غلظت دقیق هیدروکلریک اسید را تعیین کرد:



**مواد لازم:** سدیم کربنات  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ۰/۱ مولار استاندارد، هیدروکلریک اسید با غلظت تقریبی ۱/۰ مولار، آب مقطر، شناساگر نارنجی متیل

**وسایل لازم:** بورت ۵۰ میلی‌لیتری، پی‌پت ۱۰ و ۲۵ میلی‌لیتری، ارلن ۱۰۰ میلی‌لیتری، بشر ۱۰۰ میلی‌لیتری، بالن حجم‌سنجی ۲۵۰ میلی‌لیتری، پی‌پت پرکن، قیف، کاغذ سفید، گیره و پایه

### نکات ایمنی



- در هنگام کار از عینک ایمنی استفاده کنید و در صورت هرگونه تماس و یا پاشیدگی مواد شیمیایی به پوست، بی‌درنگ محل را با آب فراوان شست‌وشو دهید.
- هنگام کار از دستکش استفاده کنید.
- هیدروکلریک اسید ۱/۰ مولار تحریک‌کننده چشم و پوست است.

### نکته



در عمل سنجش حجمی، افزایش محلول استاندارد باید به صورت قطره‌ای و در حال هم‌زدن مانند شکل صورت گیرد.

شیوه سنجش حجمی صحیح

## روش کار:

- ۱ پی پت ۲۵ میلی‌لیتری را با مقدار کمی هیدروکلریک اسید ۱/۰ مولار شست‌و‌شو دهید.
- ۲ برای تهیه محلول هیدروکلریک اسید به غلظت ۰/۱ مولار، با استفاده از پی‌پت، ۲۵ میلی‌لیتر از هیدروکلریک اسید ۱/۰ مولار را به بالن حجم‌سنجی ۲۵۰ میلی‌لیتری انتقال دهید و با آب مقطر تا خط نشانه به حجم برسانید.
- ۳ چندین بار بالن را سروته کنید تا مطمئن شوید محتویات آن کاملاً مخلوط شده است.
- ۴ پی‌پت ۱۰ میلی‌لیتری را با محلول سدیم کربنات شست‌و‌شو دهید و سپس ۱۰ میلی‌لیتر از همان محلول را با پی‌پت به ارلن انتقال دهید.
- ۵ دو یا سه قطره شناساگر نارنجی متیل را به محلول سدیم کربنات در ارلن تا ایجاد رنگ زرد کم‌رنگ، اضافه کنید.
- ۶ بورت ۵۰ میلی‌لیتری را با محلول هیدروکلریک اسید ۰/۱ مولار شست‌و‌شو دهید، سپس آن را پر کنید با گیره به پایه ببندید و هواگیری کنید.
- ۷ کاغذ سفید را زیر ارلن قرار دهید و سنجش حجمی محلول سدیم کربنات را با محلول هیدروکلریک اسید در حال هم‌زدن پیوسته، تا رسیدن به رنگ قرمز ادامه دهید. آنگاه محلول را برای متعادل شدن  $\text{CO}_2$  تا نزدیک دمای جوش گرما دهید. اگر رنگ قرمز از بین رفت و رنگ زرد ایجاد شد، سنجش حجمی را ادامه دهید. در صورتی که رنگ قرمز پایدار بماند، فرایند سنجش حجمی به پایان رسیده است.
- ۸ حجم هیدروکلریک اسید مصرفی را یادداشت کنید و سنجش حجمی را دو بار دیگر تکرار کنید.
- ۹ غلظت هیدروکلریک اسید را تعیین کنید.

دلیل استفاده از کاغذ سفید زیر ارلن چیست؟

پرسش ۶

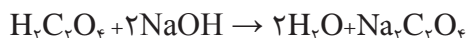


## فعالیت عملی ۹



### سنجش حجمی به منظور استاندارد کردن محلول سدیم هیدروکسید

سدیم هیدروکسید شرایط استاندارد اولیه را ندارد؛ بنابراین قبل از استفاده باید غلظت دقیق آن با یک محلول استاندارد اولیه تعیین شود. با استفاده از اگزالیک اسید تهیه شده در فعالیت آزمایشگاهی (۷)، با توجه به واکنش زیر می‌توان غلظت سدیم هیدروکسید را تعیین کرد:



### مواد لازم:

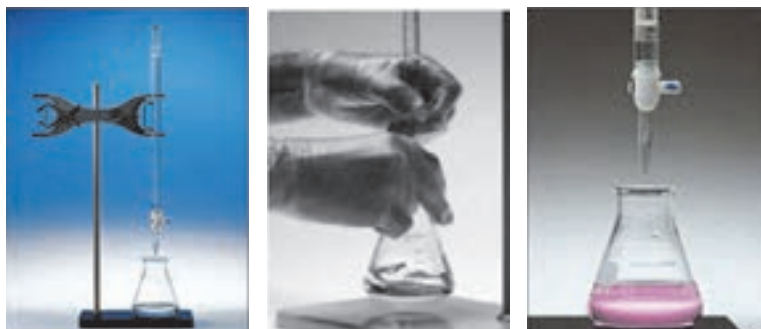
اگزالیک اسید  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ۰/۱ مولار استاندارد، سدیم هیدروکسید با غلظت تقریبی ۰/۱ مولار، آب مقطر، شناساگر فنول‌فتالین

### وسایل لازم:

بورت ۵۰ میلی‌لیتری، پی‌پت ۱۰ میلی‌لیتری، ارلن ۱۰۰ میلی‌لیتری، بشر ۱۰۰ میلی‌لیتری، پی‌پت پرکن، قیف، کاغذ سفید، گیره و پایه



- اگزالیک اسید ۰/۱ مولار ممکن است باعث بروز علائم حساسیت در چشم و پوست شود.
- سدیم هیدروکسید ۰/۱ مولار در تماس با پوست و چشم به شدت خورنده است.
- شناساگر فنول فتالین به علت استفاده از حلال اتانول به شدت آتش‌زا و تحریک کننده چشم است.



شکل ۱۰- طرح ساده‌ای از آزمایش سنجش حجمی



- الف) چرا در هنگام آزمایش از وسایل حفاظت شخصی باید استفاده کرد؟  
ب) در صورت تماس پوستی با مواد شیمیایی، چه اقداماتی باید انجام شود؟

### روش کار:

- ۱ پی‌پت ۱۰ میلی‌لیتری را با مقدار کمی اگزالیک اسید استاندارد شست‌وشو دهید و سپس ۱۰ میلی‌لیتر از همان محلول را با پی‌پت به ارلن انتقال دهید.
- ۲ دو قطره شناساگر فنول فتالین به محلول اگزالیک اسید اضافه کنید.
- ۳ بورت ۵۰ میلی‌لیتری را با محلول سدیم هیدروکسید شست‌وشو دهید. با همان محلول آن را پر کنید با گیره به پایه متصل نموده و هواگیری کنید.
- ۴ کاغذ سفید را زیر ارلن قرار دهید و سنجش حجمی محلول اگزالیک اسید را با محلول سدیم هیدروکسید تارسیدن به رنگ صورتی روشن (شکل ۱۰) ادامه دهید و حجم سدیم هیدروکسید مصرفی را یادداشت کنید.
- ۵ سنجش حجمی را دو بار دیگر تکرار کنید.
- ۶ غلظت سدیم هیدروکسید را تعیین کنید.

### فعالیت عملی ۱۰



#### سنجش حجمی اسید و باز قوی

- مواد لازم:** سدیم هیدروکسید با غلظت مجهول، هیدروکلریک اسید استاندارد شده ۰/۱ مولار، آب مقطر، شناساگر نارنجی متیل
- وسایل لازم:** بورت ۵۰ میلی‌لیتری، پی‌پت ۲۵ میلی‌لیتری، ارلن ۱۰۰ میلی‌لیتری، پی‌پت پرکن، قیف، کاغذ سفید، گیره و پایه



- در هنگام کار از عینک ایمنی استفاده کنید و بعد از هرگونه تماس و یا پاشیدگی مواد شیمیایی به پوست، بی‌درنگ محل را با آب فراوان شست‌و‌شو دهید.
- هنگام کار از دستکش استفاده کنید.
- هیدروکلریک اسید ۱/۰ مولار تحریک‌کننده چشم و پوست است.

### روش کار:

- ۱ پی‌پت ۲۵ میلی‌لیتری را با محلول سدیم‌هیدروکسید مجهول شست‌و‌شو دهید و سپس ۲۵ میلی‌لیتر از همان محلول را با پی‌پت به ارلن انتقال دهید.
- ۲ دو یا سه قطره شناساگر نارنجی‌متیل را به محلول سدیم‌هیدروکسید در ارلن تا ایجاد رنگ زرد کم‌رنگ ادامه دهید.
- ۳ بورت ۵۰ میلی‌لیتری را با محلول هیدروکلریک اسید استاندارد شده ۰/۱ مولار شست‌و‌شو دهید. سپس با همان محلول بورت را پر کنید و با گیره به پایه ببندید و هواگیری کنید.
- ۴ کاغذ سفید را زیر ارلن قرار دهید و سنجش حجمی محلول سدیم‌هیدروکسید مجهول را با محلول هیدروکلریک اسید در حال هم‌زدن پیوسته ادامه دهید تا با افزایش یک قطره اسید رنگ محلول قرمز شود.
- ۵ حجم هیدروکلریک اسید مصرفی را یادداشت کنید و سنجش حجمی را دو بار دیگر تکرار کنید.
- ۶ غلظت سدیم‌هیدروکسید را با استفاده از معادله زیر تعیین کنید.

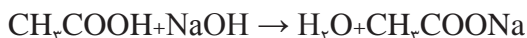
$$N_{\text{باز}} \times V_{\text{باز}} = N_{\text{اسید}} \times V_{\text{اسید}}$$

### فعالیت عملی ۱۱



#### تعیین مقدار استیک اسید در سرکه سفید

سرکه، محلول رقیقی از استیک اسید است. هدف این آزمایش تعیین مقدار استیک اسید در سرکه سفید توسط سنجش حجمی با سدیم‌هیدروکسید استاندارد شده فعالیت عملی (۸)، است. واکنش سنجش حجمی به صورت زیر است:



**مواد لازم:** سدیم‌هیدروکسید استاندارد شده با غلظت مشخص (۰/۱ مولار)، سرکه سفید، آب مقطر، شناساگر فنول‌فتالین

**وسایل لازم:** بورت ۵۰ میلی‌لیتری، پی‌پت ۲۵ میلی‌لیتری، ارلن ۱۰۰ میلی‌لیتری، بشر ۱۰۰ میلی‌لیتری، پی‌پت پرکن، قیف، کاغذ سفید، گیره و پایه



نکته‌های ایمنی مربوط به این آزمایش چیست؟

## روش کار:

- ۱ پی پت ۲۵ میلی لیتری را با محلول سرکه شست و شو دهید.
- ۲ برای رقیق سازی سرکه، با استفاده از پی پت، ۲۵ میلی لیتر از سرکه سفید را به بالن حجم سنجی ۲۵۰ میلی لیتری انتقال دهید و با آب مقطر تا خط نشانه به حجم برسانید.
- ۳ چندین بار بالن را سروته کنید تا مطمئن شوید محتویات آن کاملاً مخلوط شده است.
- ۴ پی پت ۲۵ میلی لیتری را با محلول سرکه رقیق شده شست و شو دهید و سپس ۲۵ میلی لیتر از همان محلول را با پی پت به ارلن انتقال دهید.
- ۵ دو یا سه قطره شناساگر فنول فتالین را به محلول سرکه سفید رقیق شده در ارلن اضافه کنید.
- ۶ بورت ۵۰ میلی لیتری را با محلول سدیم هیدروکسید استاندارد شده شست و شو دهید و با همان محلول آن را پر کنید و با گیره به پایه ببندید و هواگیری نمایید.
- ۷ کاغذ سفید را زیر ارلن قرار دهید و سنجش حجمی محلول سرکه سفید را با سدیم هیدروکسید استاندارد در حال هم زدن، ادامه دهید تا به نقطه پایانی برسید. در نقطه پایانی با افزایش یک قطره سدیم هیدروکسید رنگ محلول صورتی روشن می شود (مطابق شکل ۱۱).
- ۸ حجم سدیم هیدروکسید مصرفی را یادداشت کنید و سنجش حجمی را دو بار دیگر تکرار کنید.
- ۹ غلظت استیک اسید را در سرکه برای محلول رقیق شده و سرکه اولیه به دست آورید.
- ۱۰ درصد استیک اسید را در سرکه اولیه تعیین کنید.



(۳)

(۲)

(۱)

شکل ۱۱- شیوه سنجش حجمی محلول سرکه با سدیم هیدروکسید استاندارد

## فعالیت عملی ۱۲



### سنجش حجمی pH سنجی اسید قوی با باز قوی

**مواد لازم:** محلول هیدروکلریک اسید مجهول، سدیم هیدروکسید با غلظت استاندارد ۰/۱ مولار، آب مقطر  
**وسایل لازم:** دستگاه pH سنج، الکترود شیشه‌ای، مغناطیس (مگنت)، همزن مغناطیسی، بشر ۲۵۰ میلی لیتری،  
بورت ۵۰ میلی لیتری، پی پت ۱۰ میلی لیتری

#### روش کار:

- ۱ پی پت ۱۰ میلی لیتری را با مقدار کمی هیدروکلریک اسید مجهول شست و شو دهید و سپس ۵۰ میلی لیتر از همان محلول را با پی پت به بشر انتقال دهید.
- ۲ مغناطیس همزن را وارد بشر کنید و آن را روی دستگاه همزن مغناطیسی قرار دهید (مطابق شکل ۱۲).
- ۳ الکترود دستگاه pH سنج را پس از تنظیم با دو محلول بافر مناسب، با آب مقطر بشویید و وارد بشر نمایید. به طوری که با بدنه و کف بشر و مغناطیس همزن برخورد نداشته باشد.
- ۴ بورت ۵۰ میلی لیتری را با محلول سدیم هیدروکسید استاندارد شست و شو دهید و با همان محلول آن را پر کنید با گیره به پایه ببندید و هواگیری کنید.
- ۵ با افزایش تدریجی سود ۰/۱ مولار از بورت، pH محلول را پس از هر افزایش یادداشت کنید. ابتدا مقادیر ۰/۵ یا ۱/۰ میلی لیتر اضافه شود و در نزدیکی نقطه هم‌ارزی (هنگامی که تغییرات pH زیاد می‌شود) ۰/۲ میلی لیتر اضافه شود. پس از نقطه هم‌ارزی افزایش سود، به صورت ۰/۵ یا ۱/۰ میلی لیتر ادامه یابد.
- ۶ سنجش حجمی را تا دو برابر حجم مربوط به نقطه هم‌ارزی ادامه دهید.
- ۷ منحنی تغییرات pH را برحسب حجم سود مصرفی، روی کاغذ میلی متری رسم کنید.
- ۸ با تعیین نقطه عطف منحنی<sup>۱</sup>، غلظت هیدروکلریک اسید مجهول را به دست آورید.



شکل ۱۲- یک نمونه همزن مغناطیسی

pH سنج‌ها به طور مستقیم برحسب واحد pH درجه بندی می‌شود. بنابراین در سنجش حجمی اسید-باز می‌توان تغییرات pH را برحسب حجم تیتروکننده به دست آورد و با رسم منحنی سنجش حجمی pH سنجی، نقطه پایانی را تعیین کرد و غلظت محلول مجهول را به دست آورد.

نکته



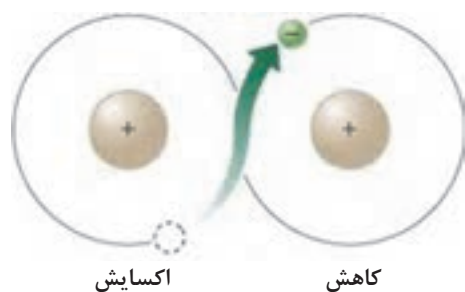
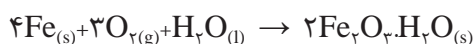
۱- جایی که منحنی تغییر علامت می‌دهد.



تغییر رنگ ظروف نقره‌ای و سبز شدن سطوح مس به چه علت است؟



زنگ‌زدن آهن در هوای مرطوب نتیجه واکنش شیمیایی آهن با رطوبت موجود در هوا است که طبق واکنش زیر انجام می‌شود:



شکل ۱۳- انتقال الکترون در واکنش‌های اکسایش - کاهش

واژه اکسایش برای واکنش‌هایی به کار می‌رود که اکسیژن با ماده دیگر ترکیب شود. هر واکنش شیمیایی که با انتقال الکترون بین دو یا چند اتم یا مولکول همراه باشد، به نام واکنش‌های اکسایش-کاهش<sup>۱</sup> (ردوکس)<sup>۲</sup> تعریف می‌شود. به این ترتیب هر واکنش اکسایش-کاهش شامل دو رویداد همزمان از دست دادن الکترون (اکسایش) و گرفتن الکترون (کاهش) است (شکل ۱۳).



شکل ۱۴- مفهوم اکسایش - کاهش

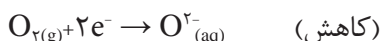
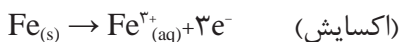
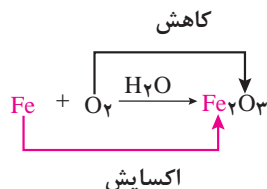
در یک واکنش شیمیایی، عامل اکسنده ماده‌ای است که می‌تواند باعث از دست دادن الکترون در ماده دیگر شود. بنابراین، عامل اکسنده، الکترون به دست می‌آورد و کاهش می‌یابد، برعکس کاهنده ماده‌ای است که می‌تواند به ماده دیگر الکترون بدهد، بنابراین، کاهنده، الکترون از دست می‌دهد و اکسید می‌شود (شکل ۱۴). شیمی‌دان‌ها معمولاً از اصطلاحات اکسنده و کاهنده استفاده می‌کنند تا واکنش‌دهنده‌ها را در واکنش‌های اکسایش-کاهش توصیف کنند.

۱- Reduction-Oxidation

۲- Redox



هر واکنش اکسایش - کاهش از دو نیم‌واکنش تشکیل شده است. در یکی از آنها با انجام اکسایش، الکترون تولید می‌شود (نیم‌واکنش آندی) و در دیگری الکترون مصرف می‌شود (نیم‌واکنش کاتدی).



بنابراین نیم‌واکنشی که در آن ماده واکنش دهنده یک یا چند الکترون از دست می‌دهد و به همان میزان بار الکتریکی مثبت (+) به دست می‌آورد، به عنوان نیم‌واکنش اکسایش (آندی) و نیم‌واکنشی که در آن ماده واکنش دهنده یک یا چند الکترون به دست می‌آورد و به همان میزان بار الکتریکی منفی (-) کسب می‌کند، نیم‌واکنش کاهش (کاتدی) شناخته می‌شود.

هم‌زمان با تولید الکترون‌ها در نیم‌واکنش اکسایش، در نیم‌واکنش کاهش الکترون‌ها به مصرف می‌رسند و یا به عبارت دیگر نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش هم‌زمان انجام می‌گیرند، این نیم‌واکنش‌ها مکمل یکدیگرند و انجام هر یک به تنهایی امکان‌پذیر نیست. از طرف دیگر، انتخاب اکسایشی یا کاهش‌ی بودن این نیم‌واکنش‌ها اختیاری نیست. تمایل نسبی عنصرها یا یون‌های شرکت‌کننده در واکنش به از دست دادن یا گرفتن الکترون، معیار این انتخاب است. عنصر یا یونی که تمایل بیشتری به از دست دادن الکترون داشته باشد، نیم‌واکنش اکسایش (آندی) و عنصر یا یونی که تمایل به گرفتن الکترون داشته باشد، نیم‌واکنش کاهش (کاتدی) را تشکیل می‌دهد.

تحقیق کنید  
۴



الف) الکتروسیته لازم برای به حرکت درآوردن خودروها چگونه از باتری تأمین می‌شود؟  
ب) چرا آهن در محیط مرطوب زنگ می‌زند؟  
پ) قدرت رنگ‌بری سدیم هیپوکلریت، ماده فعال در سفیدکننده‌های خانگی، به چه علت است؟

### عدد اکسایش:

برای نشان دادن درجه اکسایش عنصرها در ترکیبات مختلف، از عدد اکسایش استفاده می‌شود. برحسب قرارداد، عدد اکسایش عبارت است از تعداد بارهای مثبت یا منفی که هر عنصر در ترکیب با یون مورد نظر، با خود حمل می‌کند. بنابراین عدد اکسایش کلیه عنصرها در حالت عنصری، یعنی پیش از اینکه الکترونی از دست بدهند یا بگیرند صفر است؛ در حالی که در ترکیبات مخالف صفر است. برای مثال، عدد اکسایش آهن و اکسیژن در حالت عنصری (Fe و O<sub>2</sub>) برابر صفر، و در ترکیب Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> برای آهن و اکسیژن به ترتیب +۳ و -۲ است.

### قوانین تعیین عدد اکسایش به صورت زیر است:

1 عدد اکسایش هر عنصر در حالت آزاد صفر است. عدد اکسایش کلر در Cl<sub>2</sub>، هیدروژن در H<sub>2</sub> و سدیم در Na صفر است.

۲ برای یون‌های تک‌اتمی، بار یون برابر عدد اکسایش است.  $Li^+$  عدد اکسایش +۱ و  $Ba^{2+}$  عدد اکسایش +۲ و  $I^-$  عدد اکسایش -۱ است. همه فلزات قلیایی در ترکیبات خود +۱، قلیایی خاکی +۲ و آلومینیم در تمام ترکیباتش +۳ است.

۳ عدد اکسایش اکسیژن در بیشتر ترکیب‌ها -۲ است مانند  $(MgO)$ . در هیدروژن پراکسید  $(H_2O_2)$  و یون پراکسید  $(O_2^{2-})$ ، -۱ است.

۴ عدد اکسایش هیدروژن +۱ است، به جز مواقعی که با فلزات پیوند برقرار می‌کند  $(LiH, CaH_2, NaH)$ . در این حالت عدد اکسایش برابر -۱ است.

۵ فلئورید در تمام ترکیب‌های خود عدد اکسایش -۱ دارد. سایر هالوژن‌ها  $(Cl, Br, I)$  در ترکیب‌ها دارای عدد اکسایش منفی هستند، ولی در ترکیب با اکسیژن دارای عدد اکسایش مثبت می‌شوند.

۶ در یک مولکول خنثی مجموع عدد اکسایش تمام اتم‌ها برابر صفر است. در یون‌های چنداتمی مانند  $NH_4^+$  مجموع عدد اکسایش تمام عنصرها باید برابر بار یون شود. در این حالت عدد اکسایش هیدروژن +۱ است و عدد اکسایش نیتروژن به روش زیر به دست می‌آید:

$$x + 4(+1) = +1 \rightarrow x = -3$$

پس عدد اکسایش نیتروژن -۳ به دست می‌آید.

### مثال ۱۲:

با استفاده از قوانین نام‌برده، عدد اکسایش تمام عنصرها را در ترکیب‌های زیر بیابید.



### پاسخ:

الف) اکسیژن عدد اکسایش -۲ دارد و لیتیم +۱ که در مجموع در مولکول خنثی خواهیم داشت:

$$2(+1) + (-2) = 0$$

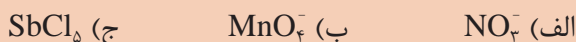
ب) عدد اکسایش هیدروژن +۱ و اکسیژن -۲ است. با توجه به خنثی بودن مولکول نیتریک اسید  $HNO_3$  داریم:

$$+1 + x + 3(-2) = 0 \rightarrow x = +5$$

ج) عدد اکسایش اکسیژن -۲ است و برای یون چنداتمی  $Cr_2O_7^{2-}$  داریم:

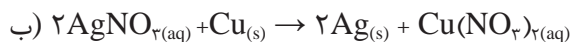
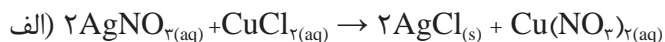
$$(x \times 2) + (7(-2)) = -2 \rightarrow 2x = 14 - 2 \rightarrow x = +6$$

عدد اکسایش تمام عنصرها را در ترکیب‌های زیر به دست آورید.

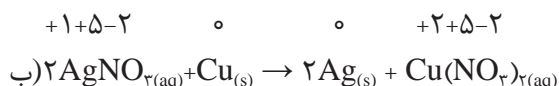
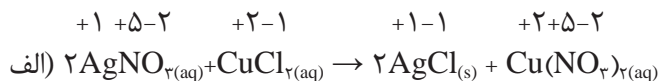


### مثال ۱۳:

عدد اکسایش هر عنصر را در واکنش‌های زیر به دست آورید. با توجه به نتایج به دست آمده، مشخص کنید کدام واکنش اکسایش، و کدام کاهش است؟ چرا؟



پاسخ:



واکنش ب یک واکنش - اکسایش کاهش است، زیرا عدد اکسایش نقره از +۱ به صفر و مس از صفر به +۲ تغییر یافته است. نقره الکترون گرفته است پس کاهش یافته است و مس الکترون از دست داده است، یعنی اکسید شده است. واکنش الف بدون تغییر اعداد اکسایش است؛ بنابراین واکنش اکسایش - کاهش نیست.

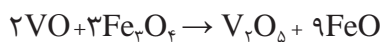
در نیم‌واکنش اکسایش، عدد اکسایش افزایش می‌یابد، و در نیم‌واکنش کاهش، عدد اکسایش کاهش می‌یابد.

نکته

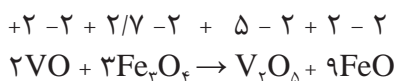


### مثال ۱۴:

در واکنش زیر کاهنده کدام است؟



پاسخ:



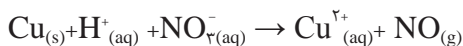
عدد اکسایش وانادیم از +۲ به +۵ افزایش یافته است یعنی اکسید شده و خود عامل کاهنده است.

## موازنة واکنش‌های اکسایش – کاهش

- موازنه از طریق نیم‌واکنش‌ها: برای موازنه واکنش‌های اکسایش – کاهش، مراحل زیر به ترتیب انجام شود:
  - مشخص کردن اجزای اکسیدشده و کاهش یافته
  - نوشتن نیم‌واکنش‌های اکسایش – کاهش
  - موازنه اتم‌ها در هر نیم‌واکنش به جز H و O، موازنه اتم O با افزایش  $H_2O$ ، موازنه اتم H با افزایش  $H^+$
  - موازنه بار با افزایش الکترون به سمت راست نیم‌واکنش اکسایش و سمت چپ نیم‌واکنش کاهش
  - یکسان کردن تعداد الکترون‌ها در دو نیم‌واکنش
  - ترکیب دو نیم‌واکنش
  - ساده کردن واکنش
  - نشان دادن حالت ترکیب‌ها و معادله کلی واکنش

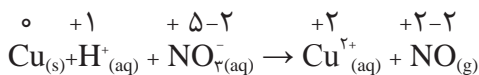
### مثال ۱۵:

واکنش بین محلول نیتریک‌اسید رقیق و فلز مس را موازنه کنید.

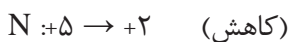


### پاسخ:

مرحله اول: تعیین عدد اکسایش و کاهش عنصرها



تغییر عدد اکسایش:



مرحله دوم: نوشتن نیم‌واکنش‌ها

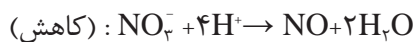
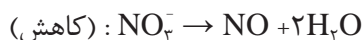


### مرحله سوم:

- موازنه اتم‌ها در هر نیم‌واکنش به جز H و O

- موازنه اتم O با افزایش  $H_2O$

- موازنه اتم H با افزایش  $H^+$



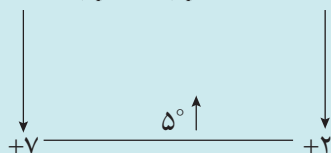
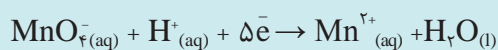
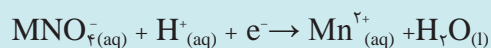








اگر یک معادله، تنها شامل فرایند اکسایش و یا فرایند کاهش باشد، به آن واکنش‌ها، نیم‌واکنش اکسایش - کاهش گویند. برای موازنه این نیم‌واکنش‌ها فقط کافی است تغییر درجه اکسایش یا کاهش ضریب الکترون قرار گیرد. برای مثال:



### سنجش حجمی اکسایش - کاهش

سنجش حجمی اکسایش - کاهش، برهم‌کنش بین ماده مورد سنجش و محلول استاندارد در یک واکنش اکسایش - کاهش است. در این سنجش حجمی نیز مشابه سنجش حجمی اسید - باز به شناساگری نیاز است که تغییر رنگ واضح ایجاد کند. در نزدیکی نقطه هم‌ارزی تغییرات زیادی که در رنگ شناساگر ایجاد می‌شود، نشان‌دهنده تبدیل از یک شکل (اکسایش یا کاهش) به شکل دیگر (کاهش یا اکسایش) است. برخی روش‌های سنجش حجمی اکسایش - کاهش به‌طور گسترده برای تعیین فلزاتی که دارای چندین عدد اکسایش هستند، مورد استفاده قرار می‌گیرند. این روش‌ها شامل:

- ۱ تبدیل یون‌های فلزی به یک حالت اکسایش بالاتر با استفاده از عامل اکسنده مانند سدیم پراکسید
- ۲ تبدیل یون‌های فلزی ماده مورد سنجش به حالت اکسایش پایین با استفاده از یک عامل کاهنده مانند گوگرد دی‌اکسید.

واکنش یون پرمنگنات را در محیط اسیدی بنویسید و موازنه کنید.





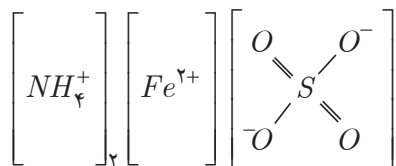


### سنجش حجمی اکسایش - کاهش

**الف) تعیین غلظت محلول پتاسیم پرمنگنات توسط سدیم‌آگزالات:** اساس این روش بر این است که بسیاری از مواد کاهنده در محیط‌های اسیدی و قلیایی می‌توانند با پتاسیم پرمنگنات ترکیب شوند و یون پرمنگنات را به منگنز با اعداد اکسایش ۲، ۳، ۴، و ۶ تبدیل کنند. پایان واکنش بدون به کار بردن هیچ‌گونه شناساگری قابل تشخیص است؛ زیرا رنگ تند و بنفش پرمنگنات در محلول‌های بی‌رنگ به خوبی قابل مشاهده است.

**مواد لازم:** پتاسیم پرمنگنات خشک با درصد خلوص بالا، سدیم‌آگزالات خالص، هیدروکلریک اسید غلیظ، محلول سولفوریک اسید ۲ نرمال و ۱ مولار، آمونیوم آهن (II) سولفات (  $(NH_4)_2FeSO_4 \cdot 6H_2O$  ) نمک مور، آب مقطر، پشم شیشه. ساختار فیزیکی و شیمیایی نمک مور در شکل ۱۵ نشان داده شده است.

**وسایل لازم:** ترازو با دقت  $\pm 0.01$ ، خشکانه، آون، ارلن ۲۵۰ میلی‌لیتری، بالن حجم‌سنجی ۱۰۰ میلی‌لیتری، بورت ۵۰ میلی‌لیتری، پی‌پت ۱۰ میلی‌لیتری، بشر ۲۵۰ و ۱۰۰۰ میلی‌لیتری، قیف و میله شیشه‌ای، گیره و پایه، شیشه ساعت، چراغ گاز، سه پایه و توری



شکل ۱۵- آمونیوم آهن (II) سولفات (نمک مور)

### مراحل انجام آزمایش

**۱- تهیه محلول پتاسیم پرمنگنات با غلظت تقریبی ۰/۱ نرمال:** در حدود ۱/۶ گرم پتاسیم پرمنگنات خشک خالص را با ترازو اندازه‌گیری کنید و در یک بشر یک لیتری بریزید و به آن ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر در حال هم‌زدن بیفزایید. دهانه بشر را با یک شیشه ساعت بپوشانید و آن را به مدت ۳۰ دقیقه بجوشانید. بشر را با در بسته برای مدت یک روز در محیط تاریکی قرار دهید.

پس از این مدت یک قیف را با پشم شیشه تمیز پر کنید و با نوک میله شیشه‌ای، پشم شیشه را فشار دهید تا در مرکز قیف توده فشرده‌ای تشکیل شود (توجه داشته باشید فشردن پشم شیشه را با دست انجام ندهید چون ذرات ریز پشم شیشه خرد شده به دست آسیب می‌زند). قیف را در سه مرحله با حلال‌های مختلف شست‌وشو دهید. یک بار با کمک مخلوط هیدروکلریک اسید: آب ۵:۲۷:۷ (۲ حجم هیدروکلریک اسید ۵ حجم آب) و ۵ بار با آب مقطر نیم گرم و ۵ بار با آب مقطر سرد شست‌وشو دهید سپس در یک شیشه قهوه‌ای صاف کنید، در آن را کاملاً ببندید و در محل تاریکی نگهداری کنید.

۲- تهیه محلول سدیم اگزالات ۰/۱ نرمال به عنوان استاندارد اولیه: مقدار یک گرم سدیم اگزالات خالص را به مدت دو ساعت در دمای  $110^{\circ}\text{C}$  خشک کنید و در خشکانه سرد کنید.  $0.67$  گرم سدیم اگزالات خشک را با ترازوی تجزیه‌ای با دقت  $\pm 0.01$  روی یک شیشه ساعت اندازه‌گیری کنید و به یک بالن حجم‌سنجی  $100$  میلی‌لیتری منتقل کنید.  $20$  میلی‌لیتر آب مقطر به بالن حجم‌سنجی اضافه کنید و آن را تا حل شدن سدیم اگزالات هم بزنید. در حال هم‌زدن، حجم محلول را با آب مقطر تا خط نشانه به حجم برسانید.

### ۳- استاندارد کردن محلول پتاسیم پرمنگنات با محلول سدیم اگزالات ۰/۱ نرمال

- بورت را با آب مقطر بشویید، یک بار دیگر با محلول پتاسیم پرمنگنات تهیه شده شست‌وشو دهید و با همان محلول پر کرده، هواگیری کنید.
- $25$  میلی‌لیتر از محلول استاندارد سدیم اگزالات را به یک ارلن  $250$  میلی‌لیتری منتقل کنید و  $10$  میلی‌لیتر محلول سولفوریک اسید  $2$  نرمال به آن اضافه کنید. محلول را تا دمای  $90^{\circ}\text{C}$  -  $80$  برای افزایش سرعت واکنش گرم کنید.

نکته

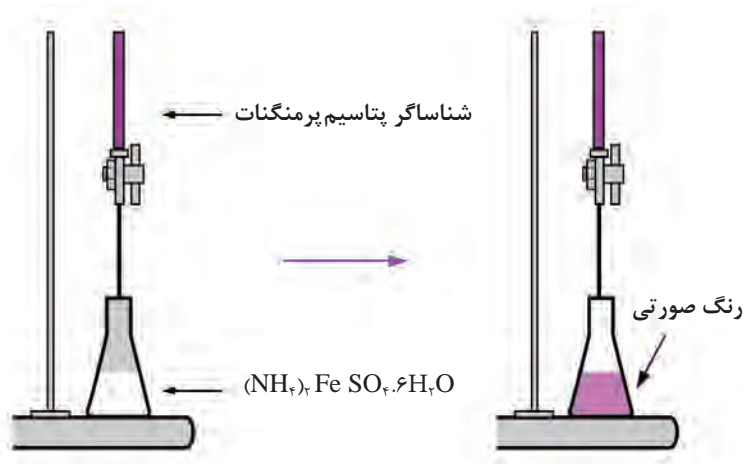
اجازه ندهید محلول بجوشد.



- ضمن هم‌زدن ارلن، محلول پتاسیم پرمنگنات را به تدریج اضافه کنید تا رنگ صورتی کم‌رنگ ظاهر گردد و این رنگ مدت  $30$  ثانیه ثابت بماند. حجم پتاسیم پرمنگنات مصرفی را یادداشت کنید. توجه داشته باشید اگر دمای محلول سدیم اگزالات از  $60^{\circ}\text{C}$  کمتر شود، محلول باید گرم شود.
- آزمایش را دو بار دیگر تکرار کنید و میانگین حجم مصرفی پتاسیم پرمنگنات را به دست آورید.
- با استفاده از رابطه  $N_1 V_1 = N_2 V_2$  نرمالیت محلول پتاسیم پرمنگنات را به دست آورید.
- معادله کلی واکنش را بنویسید و موازنه کنید.

### ب) اندازه‌گیری غلظت آهن موجود در نمونه روش کار:

۱/۵-۱/۰ گرم آمونیوم آهن (II) سولفات  $(\text{NH}_4)_2\text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (نمک مور)، را به ارلن ۲۵۰ میلی‌لیتری منتقل کنید. ۴۰ میلی‌لیتر سولفوریک اسید یک مولار به آن اضافه کنید تا حل شود. محلول حاصل را مطابق شکل ۱۶ با پتاسیم پرمنگنات استاندارد شده سنجش کنید. سنجش حجمی را سه بار تکرار کنید و غلظت آهن (II) را در نمونه بیابید.



شکل ۱۶- اندازه‌گیری آهن توسط پتاسیم پرمنگنات

معادله کلی واکنش سنجش حجمی در فعالیت ۱۳ - ب را بنویسید، موازنه کنید.

پرسش ۹



تحقیق کنید  
۵



الف) چرا نباید محلول سدیم اگزالات اسیدی بجوشد؟  
ب) در ارتباط با میزان آهن موجود در مواد غذایی مختلف گزارشی تهیه کنید و در کلاس ارائه دهید.  
پ) با مراجعه به تارنمای سازمان ملی استاندارد ایران، و تهیه استاندارد شماره ۵۵۰۹ (روش اندازه‌گیری مقدار آهن کل در غذاهای رژیمی)، کاربردهای عملی مربوط به این پودمان را مشخص کنید.

## ارزشیابی شایستگی تهیه محلول های استاندارد

### شرح کار:

چگونگی استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی را بدانند و کار سپرده شده را با دقت انجام دهد. هنگام کار مراقب باشد که وسایل صدمه نیندند. پس از انجام کار، وسایل را تمیز و سالم در حالت اولیه قرار دهد.

### استاندارد عملکرد:

تهیه محلول های نرمال، سنجش های حجمی «اسید و باز» و «اکسایش و کاهش» را طبق دستور کار انجام دهد.

### شاخص ها:

- رعایت مسائل ایمنی حین کار
- انجام کار طبق دستور کار

### شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

شرایط مکان: آزمایشگاه  
شرایط دستگاه: تمیز و آماده برای کار  
زمان: یک جلسه آموزشی  
ابزار و تجهیزات: لوازم آزمایشگاهی شیشه ای، انواع ترازو، pH سنج، گرم کن برقی

### معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	تهیه محلول های نرمال	۱	
۲	سنجش های حجمی اسید و باز	۲	
۳	سنجش های حجمی اکسایش و کاهش	۲	
۴			
	شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ۱- ایمنی: انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی ۲- نگرش: صرفه جویی ۳- توجهات زیست محیطی: جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام کار بدون ریخت و پاش ۴- شایستگی های غیر فنی: ۱- اخلاق حرفه ای ۲- مدیریت منابع ۳- محاسبه و کاربست ریاضی ۵- مستند سازی: گزارش نویسی	۲	
	میانگین نمرات		*

\* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ است.