

روش های اندازه گیری pH

pH سنج های دیجیتالی

روش بسیار دقیقی برای اندازه گیری غلظت یون هیدرونیوم موجود در یک محلول وجود دارد که به کمک pH سنج های دیجیتالی انجام می گیرد. این pH سنج ها با تقویت ولتاژ کوچکی که با وارد کردن الکتروود دستگاه درون محلول ایجاد می شود و نمایش نتیجه روی صفحه ی نمایشگر، مقدار pH آن محلول را مشخص می کنند، شکل ۳.



شکل ۳ یک pH سنج دیجیتالی. محلول درون بشر اسیدی یا قلیایی است؟

شناساگرها

دسته ای از ترکیب های رنگی محلول در آب هستند که می توانند در pH های مختلف رنگ های گوناگونی داشته باشند. با کمک محلول این مواد رنگی که **شناساگرهای اسید-باز** نامیده شده اند، می توان pH تقریبی یک محلول را اندازه گرفت یا تغییرات pH در آن را آشکار کرد، شکل ۴ و ۵.



شکل ۴ آب کلم سرخ به عنوان یک شناساگر اسید-باز عمل می کند. محلول های نشان داده شده از چپ به راست pH های ۱، ۴، ۷، ۱۰ و ۱۳ دارند.



شکل ۵ نوار کاغذی سیر شده با متیل سرخ. این شناساگر در محیط های اسیدی به رنگ سرخ و در محلول های بازی به رنگ زرد درمی آید.

لیتموس، فنول فتالین و متیل نارنجی از جمله مهم ترین شناساگرهای اسید-باز هستند. جدول ۲.

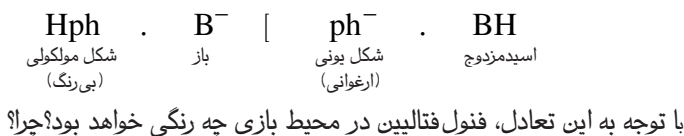
جدول ۲ رنگ پنج شناساگر پرکاربرد در محلول هایی با pH های مختلف

| شناساگر عمومی | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ | ۹ | ۱۰ | ۱۱ | ۱۲ | ۱۳ | ۱۴ |
|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| متیل نارنجی | Red | Red | Red | Red | Red | Red | Yellow | Yellow | Yellow | Yellow | Yellow | Yellow | Yellow | Yellow |
| آبی برموفنول | Yellow | Yellow | Yellow | Yellow | Yellow | Yellow | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue |
| متیل سرخ | Red | Red | Red | Red | Red | Red | Yellow | Yellow | Yellow | Yellow | Yellow | Yellow | Yellow | Yellow |
| آبی برموتیمول | Yellow | Yellow | Yellow | Yellow | Yellow | Yellow | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue |
| فنول فتالین | Colorless | Colorless | Colorless | Colorless | Colorless | Colorless | Colorless | Colorless | Colorless | Colorless | Colorless | Colorless | Colorless | Colorless |

خنثی
 خیلی اسیدی خیلی قلیایی

بیشتر بدانید

شناساگرها خود اسیدها یا بازهای ضعیفی هستند که بین شکل‌های یونی و مولکولی آن‌ها یک تعادل برقرار است. رنگ شکل مولکولی، با رنگ شکل یونی آن‌ها تفاوت دارد، بنابراین با افزایش اسید یا باز و در واقع تغییر pH تعادل یادشده جابه‌جا می‌شود و یکی از دو شکل (مولکولی یا یونی) بر دیگری برتری می‌یابد. برای مثال در زیر تعادل میان این دو شکل را در فنول فتالیین (Hph) می‌بینید.



محاسبه‌ی pH محلول اسیدهای قوی

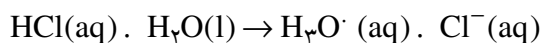
برای محاسبه‌ی pH محلول یک اسیدی قوی کافی است که غلظت یون H_3O^+ (aq) را از غلظت اسید محاسبه کرد و در معادله‌ی pH قرار داد.

نمونه‌ی حل شده

pH محلول $4/0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ هیدروکلریک اسید چه قدر است؟

پاسخ

چون هیدروکلریک اسید یک اسید قوی است، بنابراین مطابق معادله‌ی زیر به‌طور کامل یونیده می‌شود.



همان طوری که دیده می‌شود، به ازای هر مول HCl(aq) یک مول $[\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})]$ در

محلول تولید می‌شود. بنابراین غلظت یون $[\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})]$ با غلظت اسید اولیه برابر است:

$$[\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})] = 4/0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

با قراردادن این مقدار در معادله‌ی pH خواهیم داشت:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})] = -\log(4/0 \times 10^{-3})$$

$$\text{pH} = 2/4$$

خود را بیازمایید

۱- pH محلول $6/0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ هیدروکلریک اسید چه قدر است؟

۲- pH محلول حاصل از حل کردن $3/212 \text{ g}$ هیدروژن برمید در یک لیتر آب حدوداً

چه قدر است؟

محاسبه‌ی pH محلول اسیدهای ضعیف

همان طوری که گفته شده هیدروفلوئوریک اسید یک اسید ضعیف است و به محض حل شدن در آب به حالت تعادل می‌رسد. تعادلی که میان مولکول‌های یونیده نشده‌ی HF(aq) و یون‌های $F^-(aq)$ و $H_3O^+(aq)$ برقرار می‌شود. در این تعادل غلظت یون $H_3O^+(aq)$ بسیار اندک است. غلظت این یون را می‌توان به کمک درصد یونش و از روی غلظت اسید به دست آورد.

نمونه‌ی حل شده

pH محلول $1/0 \text{ mol.L}^{-1}$ هیدروفلوئوریک اسید چه قدر است؟ درصد یونش این اسید در این محلول ۲/۴ درصد است.

پاسخ

با حل شدن هیدروفلوئوریک اسید در آب تعادل زیر به سرعت برقرار می‌شود:



غلظت HF(aq) پیش از برقراری تعادل $1/0 \text{ mol.L}^{-1}$ بوده است. اما پس از برقراری تعادل، از تعداد مولکول‌های یونیده نشده و در نتیجه غلظت آن‌ها کاسته می‌شود. این کاهش به کمک درصد یونش و به صورت زیر معین می‌شود.

غلظت هریک از یون‌های حاصل از یونش ($F^-(aq)$ یا $H_3O^+(aq)$)

غلظت اسید

درصد یونش

$$= 1/0 \text{ mol.L}^{-1} HF(aq) \times \frac{2/4 \text{ mol } H_3O^+(aq) \text{ یا } F^-(aq)}{1/0 \text{ mol HF(aq)}}$$

$$= 2/4 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} = [H_3O^+(aq)]$$

با قراردادن این مقدار در معادله‌ی pH خواهیم داشت:

$$pH = -\log[H_3O^+(aq)] = -\log(2/4 \times 10^{-2})$$

$$pH = 1/6$$

خود را بیازمایید

pH محلول $2/0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ هیدروسیانیک اسید (HCN(aq)) چه قدر است؟ درصد یونش این اسید در این محلول ۱۴ درصد است. در محلول این اسید تعادل زیر وجود دارد.

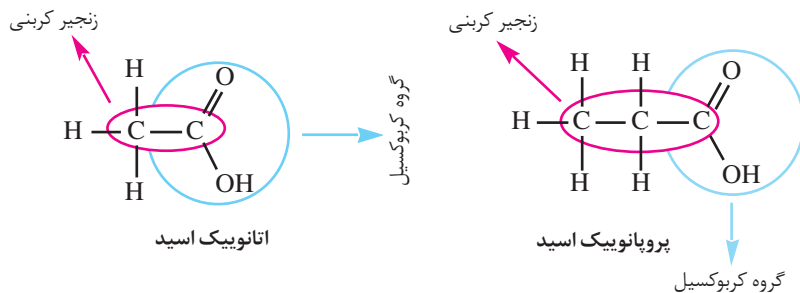


فکر کنید

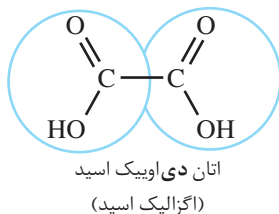
اندازه گیری ها نشان می دهد که pH آب خالص در دمای اتاق $7/0^{\circ}$ و در حین جوشیدن $6/12$ است. آیا از این مشاهده می توان نتیجه گرفت که آب جوش خاصیت اسیدی دارد؟ چرا؟
راهنمایی: خود - یونش آب یک فرایند گرماگیر است.

هم چون دانشمندان

کربوکسیلیک اسیدها دسته ای از ترکیب های آلی هستند که یک یا چند گروه عاملی کربوکسیل ($-COOH$) در آن ها یافت می شود. متانویک اسید ($HCOOH$) ساده ترین کربوکسیلیک اسید و اتانویک اسید (CH_3COOH) آشناترین آن هاست.
 کربوکسیلیک اسیدهای سبک (حداکثر با چهار اتم کربن) به خوبی در آب حل می شوند ولی با افزایش طول زنجیر کربنی از انحلال پذیری آن ها در آب کاسته می شود (چرا؟)، به طوری که بسیاری از آن ها در عمل در آب نامحلول هستند.
 اسیدهای کربوکسیلیک را با افزودن پسوند اویک اسید به نام زنجیر کربنی آن ها نام گذاری می کنند.



اگر یک کربوکسیلیک اسید بیش از یک گروه کربوکسیل داشته باشد، پیش از پسوند -اویک اسید، تعداد این گروه ها با عددهای یونانی مشخص می شود.



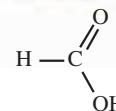
کربوکسیلیک اسیدها اسیدهای ضعیفی هستند و بر اثر حل شدن در آب تعدادی از مولکول های آن ها پروتون اسیدی خود را به مولکول های آب می دهند و به سرعت به حالت تعادل می رسند.



درون این بشرها یکی محلول $0/1$ مولار اتانویک اسید و در دیگری به همان حجم و غلظت محلول هیدروکلریک اسید وجود دارد. کدام بشر دارای محلول $0/1$ مولار اتانویک اسید است؟ کدام یک از این دو، اسید قوی تری است؟



واکنش دو قطعه ای مساوی از نوار منیزیم با حجم هایی مساوی از محلول های $1/0$ مولار اتانویک اسید و هیدروکلریک اسید در کدام بشر اتانویک اسید وجود دارد؟ کدام یک از این دو، اسید قوی تری است؟



متانویک اسید یکی از موادی است که بر اثر گزش مورچه وارد بدن شده باعث سوزش و خارش در محل گزیدگی می شود. این اسید در سال 1670 کشف شد و چون از تقطیر مورچه ی سرخ به دست می آمد نام فورمیک اسید یا جوهر مورچه بر آن نهادند. در زبان لاتین به مورچه فورمیکا می گویند.



مقادیر pK_a برای برخی کربوکسیلیک اسیدها در جدول زیر داده شده است. با دقت

به این جدول نگاه کنید و سپس به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.

| باز مزدوج | pK_a | فرمول شیمیایی | کربوکسیلیک اسید |
|-----------|--------|-------------------------------------|----------------------|
| | ۴٫۷۶ | CH_3COOH | اتانویک اسید |
| | ۴٫۸۷ | $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ | پروپانویک اسید |
| | ۲٫۶۶ | FCH_2COOH | فلوئورواتانویک اسید |
| | ۲٫۸۶ | ClCH_2COOH | کلرواتانویک اسید |
| | ۲٫۹۰ | BrCH_2COOH | برمواتانویک اسید |
| | ۱٫۲۹ | Cl_2CHCOOH | دی‌کلرواتانویک اسید |
| | ۰٫۶۵ | Cl_3CCOOH | تری‌کلرواتانویک اسید |

۱- در این مجموعه قوی‌ترین اسید و ضعیف‌ترین اسید کدام است؟

۲- با نوشتن فرمول شیمیایی باز مزدوج هر یک از این اسیدها، ستون چهارم این

جدول را کامل کنید.

۳- اگر قدرت یک اسید معیاری برای تعیین میزان پایداری باز مزدوج آن در نظر گرفته

شود، در این صورت باز مزدوج کدام اسید از همه پایدارتر است؟ ناپایدارترین باز مزدوج

کدام است؟

راهنمایی: پایداری به این معنا که آنیون حاصل از یونش اسید قوی‌تر، تمایل کم‌تری

برای پس‌گرفتن پروتون از خود نشان می‌دهد. در واقع این آنیون تمایل بیش‌تری برای

باقی ماندن به صورت یون آب پوشیده دارد.

۴- تأثیر افزایش تعداد اتم‌های کلر بر قدرت اسیدی اتانویک اسید را چگونه توجیه

می‌کنید؟

۵- مقدار pK_a برای فلوئورواتانویک اسید، کلرواتانویک اسید و برمواتانویک اسید

را در برابر الکترون‌گاتیوی اتم هالوژن موجود در آن‌ها، به صورت یک نمودار روی یک کاغذ

میلی‌متری رسم کنید. با استفاده از این نمودار pK_a یدواتانویک اسید (ICH_2COOH) را

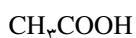
پیش‌بینی کرده، با یافتن مقدار تجربی pK_a ی این اسید از منابع علمی معتبر، مقدار یادشده

را با مقدار محاسبه شده مقایسه کنید. از این مقایسه چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

۶- با توجه به داده‌های این جدول آیا می‌توانید مقدار pK_a را برای تری‌فلوئورواتانویک اسید

(CF_3COOH) به طور تقریبی پیش‌بینی کنید؟ پاسخ خود را شرح دهید.

با حذف پس‌وند -یک اسید از نام اسیدهای آلی و افزودن پس‌وند -آت باز مزدوج حاصل از تفکیک یونی آن‌ها را نام‌گذاری می‌کنند. برای مثال یون اتانوات باز مزدوج اتانویک اسید است.



اتانویک اسید

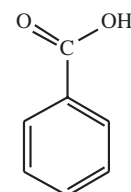
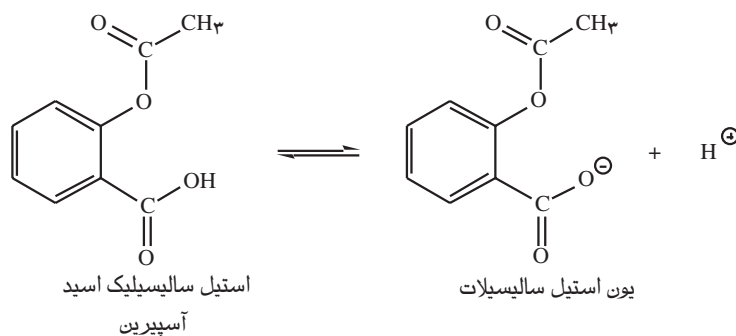


یون اتانوات

بیش تر بدانید

آسپیرین (استیل سالیسیلیک اسید) اسیدی نسبتاً ضعیف است. از این رو می‌تواند به دیواره‌ی داخلی معده

آسیب برساند.



بنزویک اسید یک کربوکسیلیک اسید آروماتیک است که در تمشک و پوسته‌ی برخی درختان یافت می‌شود. از این اسید و برخی نمک‌های آن به عنوان محافظ مواد غذایی و ضد اکسایش در نوشابه‌ها، سس‌ها و آب میوه‌ها استفاده می‌شود.

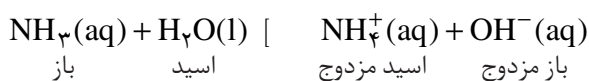
اگر غلظت یون $H^+(aq)$ در معده زیاد باشد، این اسید تنها به مقدار ناچیزی یونیده می‌شود. مولکول استیل سالیسیلیک اسید می‌تواند به درون غشای سلول‌های سازنده‌ی دیواره‌ی معده نفوذ کند. از آنجا که درون غشای یادشده مولکول‌های آب وجود دارد، مولکول استیل سالیسیلیک اسید به وسیله‌ی مولکول‌های آب آبیوشیده شده، به یون‌های $H^+(aq)$ و آنیون استیل سالیسیلات یونیده می‌شود. این گونه‌های یونی در بخش‌های درونی غشا به دام می‌افتند. به این ترتیب، با افزایش تدریجی غلظت این یون‌ها، ساختار غشا ضعیف و سرانجام، خون‌ریزی آغاز می‌شود. برآثر مصرف یک قرص آسپیرین، تقریباً ۲ میلی لیتر خون از دست می‌رود. این رویداد خطر چندانی ندارد. با وجود این، آسپیرین در برخی افراد می‌تواند موجب خون‌ریزی شدید شود. گفتنی است که وجود الکل در معده موجب انحلال بیش تر استیل سالیسیلیک اسید در غشا و درپی آن خون‌ریزی شدیدتر می‌شود.

بازها نیز ضعیف یا قوی هستند

همانند اسیدها قدرت بازها نیز به میزان تفکیک یا یونش آن‌ها در آب بستگی دارد. برخی به طور کامل و برخی دیگر به طور جزئی در آب تفکیک یا یونیده می‌شوند. بازهای معروفی مانند $NaOH$ و KOH بسیار قوی هستند. $Ba(OH)_2$ و $Ca(OH)_2$ نیز با آن که انحلال‌پذیری کمی دارند باز قوی به شمار می‌آیند، زیرا بر اثر انحلال مقدار کافی یون هیدروکسید در محلول آزاد می‌کنند. محلول آبی آمونیاک و همه‌ی بازهای آلی که به مقدار اندکی در آب یونیده می‌شوند، از جمله بازهای ضعیف به شمار می‌آیند. این بازها طی یک واکنش تعادلی با آب، یون‌های هیدروکسید تولید می‌کنند.

ثابت یونش بازها

با دقت به معادله‌ی زیر نگاه کنید.



معادله‌ی ثابت تعادل برای این واکنش تعادلی به صورت زیر نوشته می‌شود.

$$K = \frac{[\text{NH}_4^+(\text{aq})][\text{OH}^-(\text{aq})]}{[\text{NH}_3(\text{aq})][\text{H}_2\text{O}(\text{l})]}$$

چون غلظت آب ثابت است با یک جابه‌جایی در معادله خواهیم داشت:

$$K \times [\text{H}_2\text{O}(\text{l})] = \frac{[\text{NH}_4^+(\text{aq})][\text{OH}^-(\text{aq})]}{[\text{NH}_3(\text{aq})]} = K_b$$

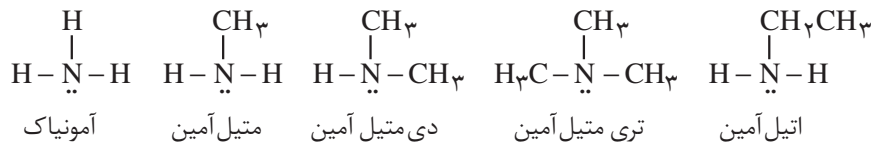
$$pK_b = -\log_{10} K_b$$

مقدار K_b را **ثابت یونش باز** می‌گویند. همانند ثابت یونش اسید (K_a) مقدار K_b

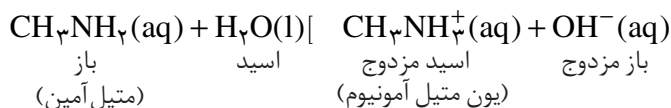
نیز کوچک است و به این دلیل آن را به صورت pK_b نمایش می‌دهند. برای بازها نیز هرچه مقدار pK_b کوچک‌تر باشد، باز قوی‌تر است و یون بیش‌تری در حالت محلول تولید می‌شود.

فکر کنید

آمین‌ها دسته‌ای از ترکیب‌های آلی هستند که شباهت بسیاری به آمونیاک دارند. آمین‌ها را از آمونیاک و با جایگزین کردن یک، دو یا سه اتم هیدروژن آن با گروه آلکیل به دست می‌آورند.



آمین‌ها بازهای ضعیفی هستند و با پذیرفتن یک پروتون به یون آلکیل آمونیوم تبدیل می‌شوند.



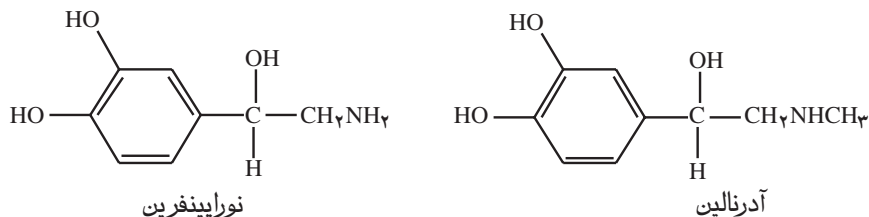
به دقت به داده‌های جدول زیر نگاه کنید. به نظر شما کدام یک از جفت آمین‌های داده

شده باز ضعیف‌تری است؟ از این مقایسه‌ها چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

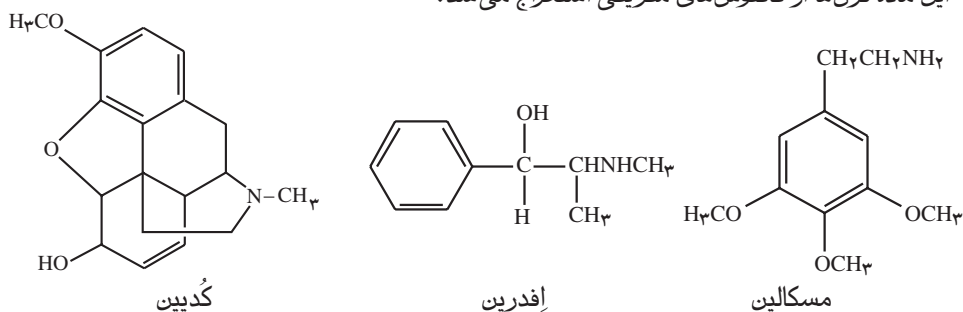
| pK_b | فرمول شیمیایی | آمین |
|--------|---------------------------------------|--------------|
| ۴٫۷۵ | NH_3 | آمونیاک |
| ۳٫۳۸ | CH_3NH_2 | متیل آمین |
| ۳٫۲۳ | $(\text{CH}_3)_2\text{NH}$ | دی متیل آمین |
| ۳٫۳۷ | $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$ | اتیل آمین |
| ۳٫۲۰ | $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_2\text{NH}$ | دی اتیل آمین |

بیش تر بدانید

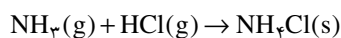
آمین‌ها به فراوانی در اندام گیاهان و جانوران یافت می‌شوند. اغلب، آمین‌های پیچیده نقش پیک یا تنظیم‌کننده را بر عهده دارند. برای نمونه در سامانه‌ی عصبی انسان، دو آمین وجود دارد که به عنوان ماده‌ی محرک عمل می‌کنند: نورا پینفرین و آدرنالین.



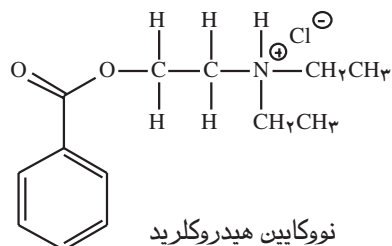
آدرین آمینی است که چینی‌ها بیش از ۲۰۰۰ سال پیش، به عنوان دارویی برای رفع گرفتگی مجاری تنفسی به کار می‌بردند. سرخ‌پوستان مکزیکی نیز از مسکالین به عنوان داروی آرام بخش استفاده می‌کردند. این ماده قرن‌ها از کاکتوس‌های مکزیکی استخراج می‌شد.



کُدین نیز یک آمین است. این داروی جامد و سفیدرنگ که از تریاک استخراج می‌شود، معمولاً به شکل آمین خالص مورد استفاده قرار نمی‌گیرد، بلکه آن را با یک اسید واکنش می‌دهند و تبدیل به نمک اسیدی می‌کنند. نمونه‌ای از این نمک‌ها آمونیوم کلرید است که از واکنش زیر به دست می‌آید.



به این ترتیب، آمین‌ها را می‌توان به آسانی پروتون‌دار کرد. نمک به دست آمده را به صورت AHCl نشان می‌دهند (که A نماینده‌ی آمین است). در واقع، این نمک از کاتیون AH^+ و آنیون Cl^- تشکیل شده است. نمک‌های یاد شده از آمین‌های مربوط به خود پایدارتر هستند و انحلال پذیری آن‌ها در آب نیز بیش تر است. برای نمونه، نوکابین یکی از داروهای مشهور بی‌هوشی موضعی است. این دارو نیز یک آمین است. شکل آمینی آن در آب نامحلول است، درحالی که انحلال پذیری نمک آن در آب بسیار زیاد است. این ویژگی گستره‌ی کاربرد این گونه داروها را افزایش می‌دهد.



محاسبه‌ی pH محلول بازهای قوی

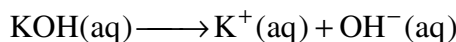
همانند اسیدهای قوی pH محلول آبی بازهای قوی را می‌توان از روی غلظت باز معین کرد.

نمونه‌ی حل شده

pH محلول 0.02 mol.L^{-1} پتاسیم هیدروکسید در آب چه قدر است؟

پاسخ

پتاسیم هیدروکسید باز قوی است و به طور کامل به یون‌های سازنده‌اش تفکیک می‌شود.



استوکیومتری این معادله نشان می‌دهد که در این محلول غلظت یون $\text{OH}^-(\text{aq})$

نیز برابر 0.02 mol.L^{-1} است. از آن جا که برای محاسبه‌ی pH به غلظت یون $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ نیاز داریم، با استفاده از حاصل ضرب یونی آب این مقدار را محاسبه می‌کنیم.

$$[\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})] = K_w \times \frac{1}{[\text{OH}^-(\text{aq})]} = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \cdot \text{L}^{-2} \times \frac{1}{0.02 \text{ mol.L}^{-1}}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})] = 5.0 \times 10^{-14} \text{ mol.L}^{-1}$$

بنابراین:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})] = -\log(5.0 \times 10^{-14})$$

$$\text{pH} = 13.3$$

خود را بیازمایید

۱- pH محلول $4.0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ باریم هیدروکسید در آب چه قدر است؟

۲- pH محلولی از سدیم هیدروکسید در آب 1.1×10^{-2} است. غلظت این محلول چه قدر

است؟

نمک‌های اسیدی، بازی و خنثی

همان طوری که گفته شد نمک‌ها بر اثر واکنش اسیدها و بازها به وجود می‌آیند. در

واقع نمک فراورده‌ی واکنش خنثی شدن یک اسید توسط یک باز است. تجربه نشان می‌دهد

که نمک حاصل از واکنش خنثی شدن، همیشه خنثی نیست. بلکه بسته به نوع یون‌های

سازنده اش می تواند اسیدی یا بازی باشد. pH محلول نمک های حاصل از واکنش اسیدها و بازهای قوی ۷ است. به عبارت دیگر نمک حاصل یک نمک خنثی است. درحالی که pH نمک حاصل از واکنش اسیدهای قوی با بازهای ضعیف کمتر از ۷ است. به عبارت دیگر نمک حاصل اسیدی است. آمونیوم کلرید را به عنوان مثالی از یک نمک اسیدی در نظر بگیرید. بر اثر انحلال این نمک در آب یون های سازنده از یک دیگر جدا شده، به صورت آب پوشیده درمی آیند.



از آن جا که یون $\text{NH}_4^+(\text{aq})$ اسید مزدوج باز ضعیفی چون آمونیاک ($\text{NH}_3(\text{aq})$) است، از این رو در رویارویی با مولکول های آب (به عنوان یک باز) وارد واکنش تعادلی زیر می شود. به این واکنش آبکافت می گویند.



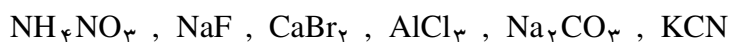
این درحالی است که یون $\text{Cl}^-(\text{aq})$ که باز مزدوج یک اسید قوی و کاملاً یونیده شونده ای مانند هیدروکلریک اسید (HCl) است، به این علت دچار آبکافت نمی شود. چنان چه از گفته های بالا برمی آید از میان یون های حاصل از انحلال آمونیوم کلرید، یون $\text{NH}_4^+(\text{aq})$ بر اثر آبکافت، غلظت یون هیدرونیوم را در محلول افزایش می دهد و به این ترتیب pH محلول را به کم تر از ۷ می رساند.

فکر کنید

pH محلول آبی سدیم اتانوات (سدیم استات - CH_3COONa) بیش تر از ۷ است. به این دلیل، آن را در دسته ی نمک های بازی قرار می دهند. با نوشتن معادله های لازم علت مشاهده ی این رفتار را شرح دهید.

خود را بیازمایید

با استفاده از جدول ۱ و بایبان علت، نمک های زیر را در سه دسته ی خنثی، اسیدی و بازی طبقه بندی کنید.



بیش تر نمک های سدیم و پتاسیم کربوکسیلیک اسیدها در آب انحلال پذیرند. میزان انحلال پذیری آن ها به طول زنجیر کربنی یون کربوکسیلات بستگی دارد و با افزایش طول زنجیر کاهش می یابد. انحلال پذیر بودن این دسته از کربوکسیلات ها در آب، باعث شده است که به عنوان نگاه دارنده ی مواد غذایی کاربرد گسترده ای در صنایع غذایی بیابند.

بی تردید روی بسته بندی بسیاری از مواد غذایی نمادهایی مانند E212 را مشاهده کرده اید. در صنعت از این نماد که به آن عدد E می گویند، برای مشخص کردن نوع ماده ی افزوده شده به ماده ی غذایی یا خوراکی استفاده می شود. نام برخی از این افزودنی ها، عدد E و شماری از کاربردهای آن ها در جدول زیر آمده است.

| نام | عدد E | کاربرد به عنوان نگاه دارنده |
|---------------|-------|---|
| سوربیک اسید | E200 | نوشابه های گاز دار و انواع کیک ها |
| سدیم سوربات | E201 | ضد کپک در ماست، پنیر و سس مایونز |
| پتاسیم سوربات | E202 | |
| بنزوئیک اسید | E210 | آب میوه، نوشابه های گاز دار و انواع سس ها |
| سدیم بنزوآت | E212 | رب گوجه فرنگی |
| پتاسیم بنزوآت | E213 | |

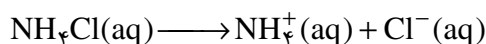
محلول های بافر

اضافه کردن مقدار اندکی اسید یا باز به یک محلول معمولاً با تغییر زیادی در مقدار pH آن محلول همراه است. اما محلول هایی وجود دارند که در برابر این تغییرات از خود مقاومت نشان می دهند. بافر نامی است که بر این گونه محلول ها نهاده اند.

آن چه از تعریف بالا برمی آید این است که محلول بافر به طریقی می تواند هم اسید و هم باز اضافه شده را خنثی کند. به عبارت دیگر یک محلول بافر هم خنثی کننده ی اسید و هم خنثی کننده ی باز است. اما چگونه چنین چیزی ممکن است؟ پاسخ این پرسش را باید در ویژگی های اجزای سازنده ی یک محلول بافر جست و جو کرد.

محلول بافر از دو جزء با نسبت های معین تشکیل شده است: یک اسید ضعیف و نمک آن یا یک باز ضعیف و نمک آن. برای مثال، محلول بافری شامل $\text{NH}_3(\text{aq})$ و $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{aq})$ را در نظر بگیرید.

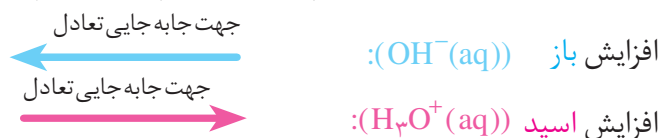
آمونیم کلرید بر اثر انحلال در آب به طور کامل به یون های سازنده اش تفکیک می شود.



چون آمونیاک یک باز ضعیف است، در محلول آبی به سرعت در شرایط تعادلی زیر قرار می گیرد.



حال تصور کنید که به این محلول مقدار کمی یون $\text{OH}^-(\text{aq})$ اضافه شود. این افزایش، تعادل یاد شده را بر هم می زند. بر طبق اصل لوشاتلیه تعادل برای تعدیل این تغییر به سمت چپ جابه جا می شود. افزودن یون $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ نیز از طریق مصرف کردن یون های $\text{OH}^-(\text{aq})$ موجود در سمت راست و تشکیل آب خنثی می شود. جابه جایی تعادل به سمت راست کمبود ناشی از مصرف یون های $\text{OH}^-(\text{aq})$ را جبران می کند. به این ترتیب مقاومت محلول های بافر در برابر افزایش مقدار اندکی اسید یا باز قابل درک است. تعادل موجود در محلول بافر یاد شده:



pH خون حدود ۷/۴ است و مصرف دارو، خوردن میوه ها و برخی از مواد غذایی هم چنین عوامل محیطی مانند فشار هوا می تواند میزان pH خون را تغییر دهد. ولی چون خون انسان به یک سامانه ی بافری مجهز است، pH آن تغییر چندانی نمی کند. هرگونه انحراف از این مقدار pH، خطرناک است و می تواند به مرگ بینجامد.



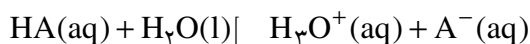
مقدار pH پلاسما ی خون انسان تقریباً ثابت و برابر ۷/۴ است. تنظیم میزان اسیدی بودن خون برعهده ی پروتئینی به نام کربنیک آنهیدراز (CA) است. این پروتئین کاتالیزگر واکنش زیر است.



۵ لیتر خون انسان حداکثر می تواند افزایش ۱۵۰ mL محلول 1 mol.L^{-1} هیدروکلریک اسید را از طریق سامانه ی بافری خود بپذیرد!

فکر کنید

دانش آموزی برای محاسبه ی pH محلول بافر یک اسید ضعیف و نمک آن با نوشتن رابطه ی ثابت تعادل برای واکنش تعادلی یونش یک اسید فرضی، گرفتن لگاریتم از طرفین و جابه جا کردن عبارت ها به معادله ی زیر دست یافت:



اسید

باز مزدوج

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{[\text{A}^-(\text{aq})]_{\text{تعادلی}}}{[\text{HA}(\text{aq})]_{\text{تعادلی}}}$$

۱- نشان دهید که او چگونه به این معادله دست یافته است؟

۲- اگر غلظت اسید و باز مزدوج در یک محلول بافر یکسان باشد، pH محلول چه قدر

خواهد بود؟

۳- محلول بافری که در آن غلظت اتانویک اسید 0.1 mol.L^{-1} و غلظت سدیم اتانوات 0.2 mol.L^{-1} است چه pH دارد؟ (pK_a (اتانویک اسید) = $4/76$)

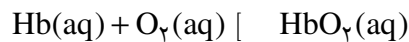
۴- در محلول بافری با $\text{pH} = 3/76$ غلظت سدیم اتانوات در این محلول چند برابر غلظت اتانویک اسید است؟

بیش تر بدانید

در بدن انسان، تعادل‌های شیمیایی بی شماری باید برقرار باشد تا سلامت بدن حفظ شود. اگر شرایط محیط زیست تغییر کند، بدن برای حفظ عملکرد خود باید با شرایط جدید سازگار شود. پیامدهای ناشی از تغییر ناگهانی ارتفاع، این واقعیت را به خوبی نشان می‌دهد. صعود به ارتفاعات می‌تواند موجب ناراحتی‌هایی هم چون سردرد، حالت تهوع و خستگی شود. همه‌ی این‌ها علائم بیماری هیپوکسیا است. بیماری‌ای که بر اثر کمبود مقدار اکسیژن موجود در بافت‌های بدن بروز می‌کند. در بدترین حالت، بیمار گاه به حالت کُما می‌رود و ممکن است در صورت عدم درمان به موقع، حتی جان بسپارد. با وجود این، اگر فردی به مدت چند هفته در بلندی‌ها زندگی کند، به تدریج ناراحتی‌های ناشی از تغییر ارتفاع بهبود می‌یابد و بدن با مقدار کم اکسیژن هوا سازگاری پیدا می‌کند. از این‌رو، فرد می‌تواند بدون هیچ‌گونه مشکلی به زندگی عادی خود ادامه دهد. مولکول هموگلوبین عامل انتقال اکسیژن در خون است. واکنش ترکیب اکسیژن با این مولکول پیچیده است، اما آن را می‌توان به وسیله‌ی معادله‌ی ساده‌ی زیر نشان داد:



کوهنوردان پیش از صعود به قله‌های مرتفعی چون قله‌ی اورست، به هفته‌ها و حتی ماه‌ها زمان نیاز دارند تا به شرایط این بلندی‌ها عادت کنند.



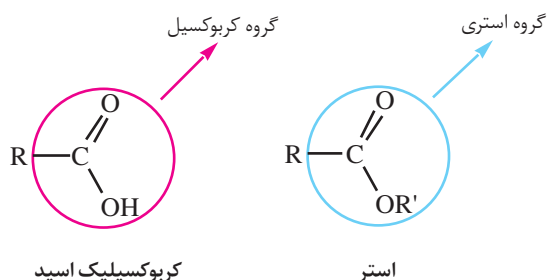
در این معادله HbO_2 اوکسی هموگلوبین نام دارد؛ ترکیب پیچیده‌ی هموگلوبین - اکسیژن که مولکول اکسیژن را به بافت‌های بدن منتقل می‌کند. ثابت تعادل این واکنش عبارت است از:

$$K = \frac{[\text{HbO}_2(\text{aq})]}{[\text{Hb(aq)}][\text{O}_2(\text{aq})]}$$

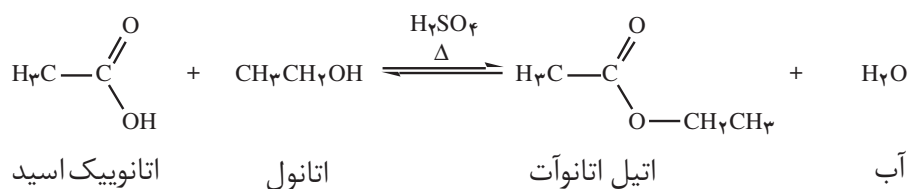
در ارتفاع ۲ کیلومتری از سطح دریا، فشار اکسیژن هوا تنها در حدود 0.14 atm است، درحالی که این فشار در سطح دریا 0.2 atm است. از این‌رو، براساس اصل لوشاتلیه، تعادل یادشده با کاهش غلظت اکسیژن، از راست به چپ جابه‌جا می‌شود. در نتیجه، مقدار اوکسی هموگلوبین بدن کاهش یافته، بیماری هیپوکسیا بروز می‌کند. با گذشت زمان، بدن با تولید مولکول‌های هموگلوبین بیش‌تر، بر این مشکل غلبه می‌کند. به این ترتیب، تعادل به تدریج به طرف تشکیل اوکسی هموگلوبین جابه‌جا می‌شود. طی دو تا سه هفته، مقدار هموگلوبین تولید شده آن چنان افزایش می‌یابد که نیازهای اصلی بدن را رفع می‌کند. البته، برای بازگشت به شرایط مناسب اولیه ممکن است به چند سال زمان نیاز باشد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که درصد هموگلوبین خون افرادی که در بلندی‌ها زندگی می‌کنند، بالا بوده، گاهی تا 50% بیش‌تر از افراد ساکن در جاهای کم ارتفاع است.

صابون‌ها نمک‌هایی بازی هستند

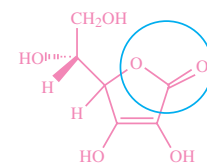
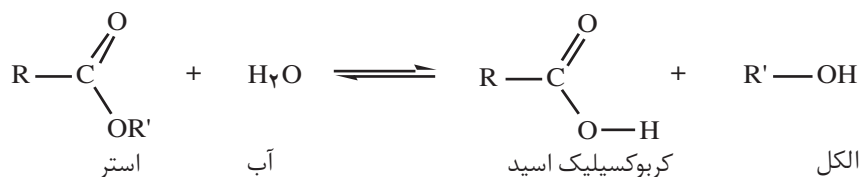
اگر به جای اتم هیدروژن گروه کربوکسیل یک گروه آلکیل قرار بگیرد ترکیبی به نام استر به دست می‌آید. استرها یکی از مهم‌ترین مشتق‌های کربوکسیلیک اسیدها هستند. استرهای سبک (با تعداد کمی اتم کربن) بوی بسیار مطبوعی دارند. طعم و بوی شاخص میوه‌ها و عطر گل‌ها اغلب به علت وجود این استرهاست.



استرها از واکنش کربوکسیلیک اسیدها با الکل‌ها به دست می‌آیند. برای مثال اتیل اتانوات (اتیل استات) طی یک واکنش تعادلی و در حضور مقدار اندکی سولفوریک اسید به عنوان کاتالیزگر به صورت زیر از اتانول و اتانویک اسید ساخته می‌شود.



استرها بر اثر واکنش با آب طی یک واکنش برگشت پذیر و بسیار آهسته به الکل و کربوکسیلیک اسید سازنده تجزیه می‌شوند. وقوع این واکنش است که استفاده از استرها را در ساخت برخی عطرها غیرمجاز کرده است. این گونه عطرها در عرق بدن به آرامی آبکافت می‌شوند. از آن جا که کربوکسیلیک اسید حاصل از آبکافت این استرها بویی نامطبوع دارد، بوی ناخوشایندی به بدن می‌دهد.



ویتامین C (آسکوربیک اسید) جامدی سفید رنگ، محلول در آب و غیرسمی است. که گفته می‌شود وجود آن در رژیم غذایی سامانه‌ی ایمنی بدن انسان را در برابر انواع بیماری‌ها تقویت می‌کند. بسیاری از میوه‌ها بویژه مرکبات سرشار از ویتامین C هستند. همان طوری که در فرمول ساختاری بالا دیده می‌شود ویتامین C یک استر حلقوی است.

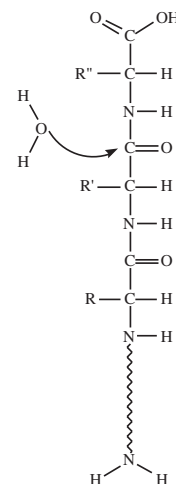
کاتالیزگرها تنها زمان رسیدن به تعادل را کاهش می‌دهند و بر غلظت‌های تعادلی مواد شرکت کننده در واکنش اثری ندارند.

فکر کنید

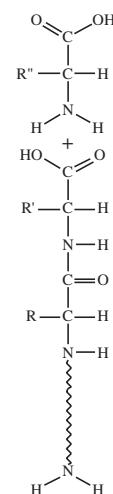
آمینواسیدها جامدهایی با نقطه‌ی ذوب بالا هستند و انحلال پذیری کمی در حلال‌های ناقطبی دارند. در جدول زیر برخی ویژگی‌های گلی‌سین (آمینواتانویک اسید) همراه با خواص یک کربوکسیلیک اسید و یک آمین هم جرم با گلی‌سین، داده شده است. تفاوت نقطه‌ی ذوب و انحلال پذیری گلی‌سین با این دو ماده را چگونه می‌توان توجیه کرد؟

| نام | فرمول شیمیایی | حالت فیزیکی | انحلال پذیری در دمای اتاق | | |
|----------------|------------------------|------------------------------------|---------------------------|-----------|-------------|
| | | | آب | اتانول | دی‌اتیل اتر |
| گلی‌سین | H_2NCH_2COOH | جامد با نقطه‌ی ذوب بالا (C ۲۳۲) | خیلی زیاد | نامحلول | نامحلول |
| پروپانویک اسید | CH_3CH_2COOH | مایعی روغنی شکل (نقطه‌ی جوش C ۱۴۱) | خیلی زیاد | زیاد | زیاد |
| بوتیل آمین | $CH_3CH_2CH_2CH_2NH_2$ | مایعی فرار (نقطه‌ی جوش C ۷۸) | خیلی زیاد | خیلی زیاد | خیلی زیاد |

حدود ۲۰ آمینو اسید طبیعی وجود دارد. این آمینو اسیدها تنها در گروه R با هم تفاوت دارند. بدن نیمی از این آمینواسیدها را می‌سازد و نیمی دیگر را از طریق مصرف مواد غذایی مناسب تأمین می‌کند.



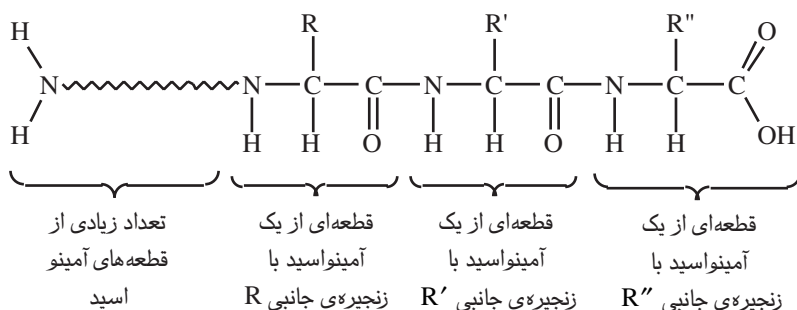
آنزیم



شکل ب. بر اثر واکنش یک مولکول آب با یک پروتئین، یک آمینواسید از پروتئین جدا می‌شود و پروتئینی کوچک‌تر باقی می‌ماند.

بیش‌تر بدانید

پروتئین‌ها گروه مهمی از زیست مولکول‌ها هستند که از آمینواسیدها ساخته شده‌اند. از اتصال آمینواسیدهای مختلف، زنجیره‌های پلی‌مری بلندی به وجود می‌آید که همان پروتئین‌ها هستند، شکل آ.



شکل آ

بدن انسان به پروتئین‌های خاصی نیاز دارد. هنگام گوارش، در آغاز پروتئین‌های موجود در غذا به آمینواسیدهای سازنده‌ی خود شکسته می‌شوند. سپس این آمینواسیدها در سلول‌های بدن برای ساخت پروتئین‌های جدید مورد استفاده قرار می‌گیرند. شکل ب واکنشی را نشان می‌دهد که در هر مرحله‌ی آن، یک پروتئین شکسته شده، یک آمینواسید از آن جدا می‌شود. توجه کنید که در این واکنش، یک مولکول آب با یک مولکول پروتئین واکنش می‌دهد و همراه با تولید یک آمینواسید، پروتئینی جدید نیز تولید می‌شود که یک آمینواسید کم‌تر دارد.