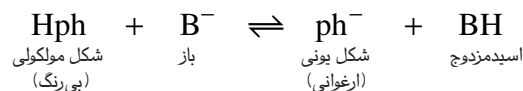




## بیشتر بدانید

شناساگرها خود اسیدها یا بازهای ضعیفی هستند که بین شکل های 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 یاد شده جابه جا می شود و یکی از دو شکل (مولکولی یا یونی) بر دیگری برتری می یابد. برای مثال در زیر تعادل میان این دو شکل را در فنول فتالین (Hph) می بینید.



با توجه به این تعادل، فنول فتالین در محیط بازی چه رنگی خواهد بود؟ چرا؟

## محاسبه ی pH محلول اسیدهای قوی

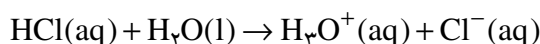
برای محاسبه ی pH محلول یک اسیدی قوی کافی است که غلظت یون  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  را از غلظت اسید محاسبه کرد و در معادله ی pH قرار داد.

## نمونه ی حل شده

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

پاسخ

چون هیدروکلریک اسید یک اسید قوی است، بنابراین مطابق معادله ی زیر به طور کامل یونیده می شود.



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

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

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

با قرار دادن این مقدار در معادله ی pH خواهیم داشت:

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

$$\text{pH} = 2.4$$

## خود را بیازمایید

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

۲- pH محلول حاصل از حل کردن ۳/۲۱۲g هیدروژن برمید در یک لیتر آب حدوداً

چه قدر است؟

## محاسبه ی pH محلول اسیدهای ضعیف

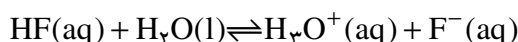
همان طوری که گفته شده هیدروفلوئوریک اسید یک اسید ضعیف است و به محض حل شدن در آب به حالت تعادل می رسد. تعادلی که میان مولکول های یونیده نشده ی HF(aq) و یون های  $F^{-}(aq)$  و  $H_3O^{+}(aq)$  برقرار می شود. در این تعادل غلظت یون  $H_3O^{+}(aq)$  بسیار اندک است. غلظت این یون را می توان به کمک درصد یونش و از روی غلظت اسید به دست آورد.

### نمونه ی 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 می شود:



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

غلظت هریک از یون های حاصل از یونش ( $F^{-}(aq)$  یا  $H_3O^{+}(aq)$ )

غلظت اسید

درصد یونش

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

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

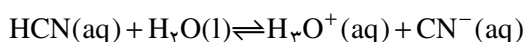
با قرار دادن این مقدار در معادله ی pH خواهیم داشت:

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

$$pH = 1/6$$

### 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؟

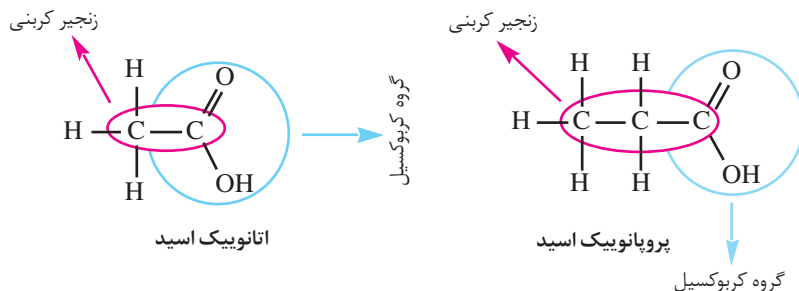
راهنمایی: خود - یونش آب یک فرایند گرماگیر است.

## هم چون دانشمندان

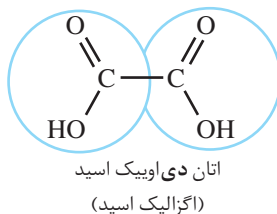
کربوکسیلیک اسیدها دسته ای از ترکیب های آلی هستند که یک یا چند گروه عاملی کربوکسیل ( $\text{COOH}$ ) در آن ها یافت می شود. متانویک اسید ( $\text{HCOOH}$ ) ساده ترین کربوکسیلیک اسید و اتانویک اسید ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) آشناترین آن هاست.

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.



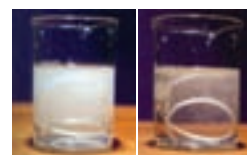
اگر یک کربوکسیلیک اسید بیش از یک گروه کربوکسیل داشته باشد، پیش از پسوند - اویک اسید، تعداد این گروه ها با عددهای یونانی مشخص می شود.



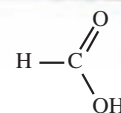
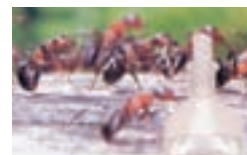
کربوکسیلیک اسیدها اسیدهای ضعیفی هستند و بر اثر حل شدن در آب تعدادی از مولکول های آن ها پروتون اسیدی خود را به مولکول های آب می دهند و به سرعت به حالت تعادل می رسند.



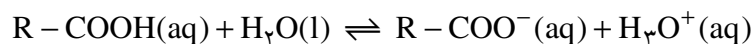
درون این بشرها یکی محلول  $1/0^{\circ}$  مولار اتانویک اسید و در دیگری به همان حجم و غلظت محلول هیدروکلریک اسید وجود دارد. کدام بشر دارای محلول  $1/0^{\circ}$  مولار اتانویک اسید است؟ کدام یک از این دو، اسید قوی تری است؟



واکنش دو قطعه ای مساوی از نوار منیزیم با حجم هایی مساوی از محلول های  $1/0^{\circ}$  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  $1670^{\circ}$  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.

کربوکسیلیک اسید	فرمول شیمیایی	$pK_a$	باز مزدوج
اتانویک اسید	$\text{CH}_3\text{COOH}$	۴٫۷۶	
پروپانویک اسید	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$	۴٫۸۷	
فلوئورواتانویک اسید	$\text{FCH}_2\text{COOH}$	۲٫۶۶	
کلروواتانویک اسید	$\text{ClCH}_2\text{COOH}$	۲٫۸۶	
برموواتانویک اسید	$\text{BrCH}_2\text{COOH}$	۲٫۹۰	
دی‌کلروواتانویک اسید	$\text{Cl}_2\text{CHCOOH}$	۱٫۲۹	
تری‌کلروواتانویک اسید	$\text{Cl}_3\text{CCOOH}$	۰٫۶۵	

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

۲- با نوشتن فرمول شیمیایی باز مزدوج هریک 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 پس گرفتن 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، کلروواتانویک 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 ( $\text{ICH}_2\text{COOH}$ ) را

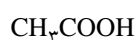
پیش‌بینی کرده، با یافتن مقدار تجربی  $pK_a$  ی این اسید از منابع علمی معتبر، مقدار یادشده

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

( $\text{CF}_3\text{COOH}$ ) 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.

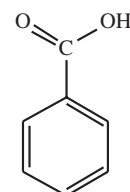
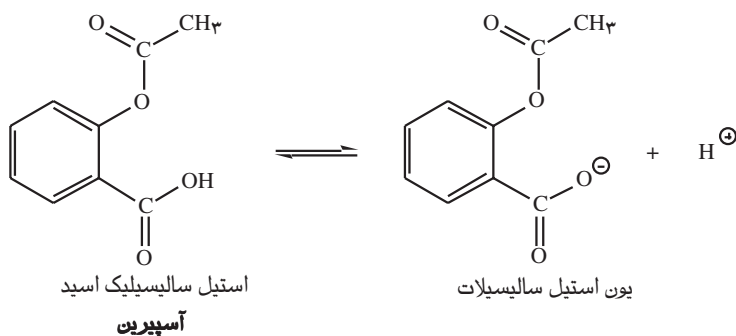


اتانویک اسید



یون اتانوات

آسپیرین (استیل سالیسیلیک اسید) اسیدی نسبتاً ضعیف است. از این رو می تواند به دیواره‌ی داخلی معده آسیب برساند.



بنزویک اسید یک کربوکسیلیک اسید آروماتیک است که در تمشک و پوسته‌ی برخی درختان یافت می شود. از این اسید و برخی نمک های آن به عنوان محافظ مواد غذایی و ضد اکسایش در نوشابه ها، سس ها و آب میوه ها استفاده می شود.

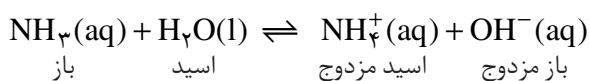
اگر غلظت یون  $H^+(aq)$  در معده زیاد باشد، این اسید تنها به مقدار ناچیزی یونیده می شود. مولکول استیل سالیسیلیک اسید می تواند به درون غشای سلول های سازنده‌ی دیواره‌ی معده نفوذ کند. از آن جا که درون غشای یاد شده مولکول های آب وجود دارد، مولکول استیل سالیسیلیک اسید به وسیله‌ی مولکول های آب آبپوشیده شده، به یون های  $H^+(aq)$  و آنیون استیل سالیسیلات یونیده می شود. این گونه های یونی در بخش های درونی غشا به دام می افتند. به این ترتیب، با افزایش تدریجی غلظت این یون ها، ساختار غشا ضعیف و سرانجام، خون ریزی آغاز می شود. بر اثر مصرف یک قرص آسپیرین، تقریباً ۲ میلی لیتر خون از دست می رود. این رویداد خطر چندانی ندارد. با وجود این، آسپیرین در برخی افراد می تواند موجب خون ریزی شدید شود. گفتنی است که وجود الکل در معده موجب انحلال بیش تر استیل سالیسیلیک اسید در غشا و در پی آن خون ریزی شدیدتر می شود.

## بازها نیز ضعیف یا قوی هستند

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

## 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:

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

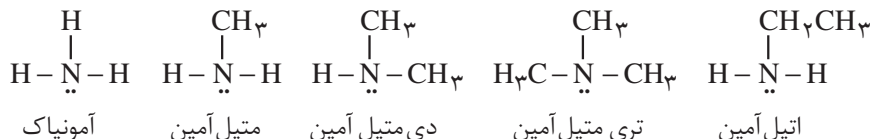
$$\text{p}K_b = -\log_{10} K_b$$

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

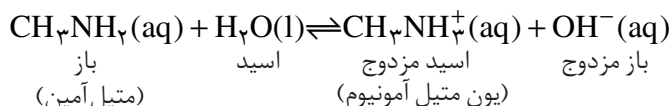
نیز کوچک است و به این دلیل آن را به صورت  $\text{p}K_b$  نمایش می‌دهند. برای بازها نیز هرچه مقدار  $\text{p}K_b$  کوچک‌تر باشد، باز قوی‌تر است و یون بیش‌تری در حالت محلول تولید می‌شود.

## 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.



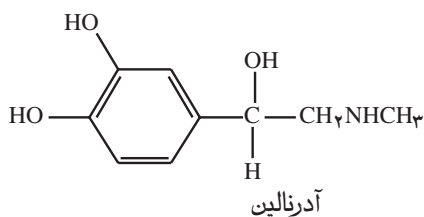
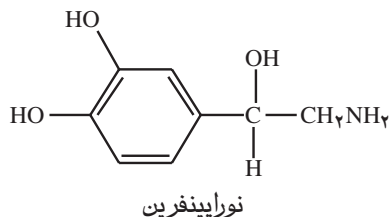
آمین‌ها بازهای ضعیفی هستند و با پذیرفتن یک پروتون به یون آلکیل آمونیوم تبدیل می‌شوند.



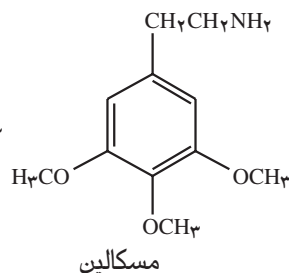
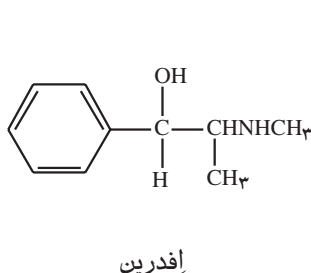
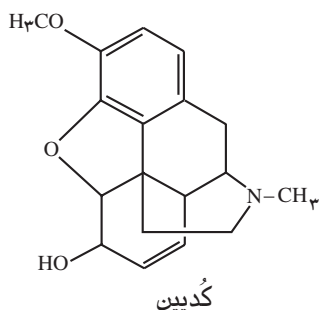
به دقت به داده‌های جدول زیر نگاه کنید. به نظر شما کدام یک از جفت آمین‌های داده شده باز ضعیف‌تری است؟ از این مقایسه‌ها چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

آمین	فرمول شیمیایی	$\text{p}K_b$
آمونیاک	$\text{NH}_3$	۴٫۷۵
متیل آمین	$\text{CH}_3\text{NH}_2$	۳٫۳۸
دی متیل آمین	$(\text{CH}_3)_2\text{NH}$	۳٫۲۳
اتیل آمین	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$	۳٫۳۷
دی اتیل آمین	$(\text{CH}_3\text{CH}_2)_2\text{NH}$	۳٫۲۰

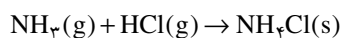
آمین‌ها به فراوانی در اندام گیاهان و جانوران یافت می‌شوند. اغلب، آمین‌های پیچیده نقش پیک یا تنظیم‌کننده را بر عهده دارند. برای نمونه در سامانه‌ی عصبی انسان، دو آمین وجود دارد که به عنوان ماده‌ی محرک عمل می‌کنند: نورا پینفرین و آدرنالین.



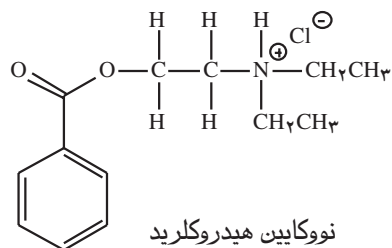
آفدرین آمینی است که چینی‌ها بیش از ۲۰۰۰ سال پیش، به عنوان دارویی برای رفع گرفتگی مجاری تنفسی به کار می‌بردند. سرخ‌پوستان مکزیکی نیز از مسکالین به عنوان داروی آرام بخش استفاده می‌کردند. این ماده قرن‌ها از کاکتوس‌های مکزیکی استخراج می‌شد.



کدیین 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  $\text{AHCl}$  نشان می‌دهند (که A نماینده‌ی آمین است). درواقع، این نمک از کاتیون  $\text{AH}^+$  و آنیون  $\text{Cl}^-$  تشکیل شده است. نمک‌های یاد شده از آمین‌های مربوط به خود پایدارتر هستند و انحلال پذیری آن‌ها در آب نیز بیش‌تر است. برای نمونه، نووکابین 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

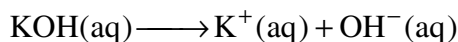
همانند اسیدهای قوی pH محلول آبی بازهای قوی را می‌توان از روی غلظت باز معین کرد.

### نمونه‌ی حل شده

pH محلول  $0.02 \text{ mol.L}^{-1}$  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  $0.02 \text{ mol.L}^{-1}$  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  $1.0 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$  باریم هیدروکسید در آب چه قدر است؟

۲- pH محلولی از سدیم هیدروکسید در آب  $0.11$  است. غلظت این محلول چه قدر

است؟

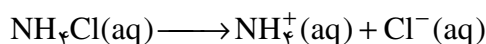
## نمک‌های اسیدی، بازی و خنثی

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

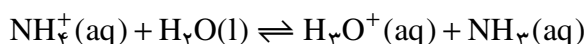
واقع نمک فراورده‌ی واکنش خنثی شدن یک اسید توسط یک باز است. تجربه نشان می‌دهد

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.



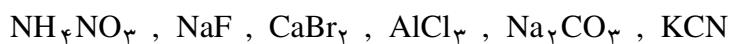
این درحالی است که یون  $\text{Cl}^-(\text{aq})$  که باز مزدوج یک اسید قوی و کاملاً یونیده شونده ای مانند هیدروکلریک اسید ( $\text{HCl}$ ) است، به این علت دچار آبکافت نمی شود. چنان چه از گفته های بالا برمی آید از میان یون های حاصل از انحلال آمونیوم کلرید، یون  $\text{NH}_4^+(\text{aq})$  بر اثر آبکافت،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

## فکر کنید

pH محلول آبی سدیم اتانوات (سدیم استات –  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ) 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 بایان علت، نمک های زیر را در سه دسته ی خنثی، اسیدی و بازی طبقه بندی کنید.



بیش‌تر نمک‌های سدیم و پتاسیم کربوکسیلیک اسیدها در آب انحلال پذیرند. میزان انحلال‌پذیری آن‌ها به طول زنجیر کربنی یون کربوکسیلات بستگی دارد و با افزایش طول زنجیر کاهش می‌یابد. انحلال‌پذیر بودن این دسته از کربوکسیلات‌ها در آب، باعث شده است که به عنوان نگاه‌دارنده‌ی مواد غذایی کاربرد گسترده‌ای در صنایع غذایی بیابند.

بی‌تردید روی بسته‌بندی بسیاری از مواد غذایی نمادهایی مانند E212 را مشاهده کرده‌اید. در صنعت از این نماد که به آن **عدد E** می‌گویند، برای مشخص کردن نوع ماده‌ی افزوده‌شده به ماده‌ی غذایی یا خوراکی استفاده می‌شود. نام برخی از این افزودنی‌ها، عدد E و شماری از کاربردهای آن‌ها در جدول زیر آمده است.

نام	عدد E	کاربرد به عنوان نگاه‌دارنده
سوربیک اسید	E200	نوشابه‌های گازدار و انواع کیک‌ها
سدیم سوربات	E201	{ ضد کپک در ماست، پنیر و سس مایونز
پتاسیم سوربات	E202	
بنزوئیک اسید	E210	آب میوه، نوشابه‌های گازدار و انواع سس‌ها
سدیم بنزوآت	E212	{ رب گوجه‌فرنگی
پتاسیم بنزوآت	E213	

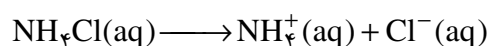
## محلول‌های بافر

اضافه کردن مقدار اندکی اسید یا باز به یک محلول معمولاً با تغییر زیادی در مقدار pH آن محلول همراه است. اما محلول‌هایی وجود دارند که در برابر این تغییرات از خود مقاومت نشان می‌دهند. **بافر** نامی است که بر این گونه محلول‌ها نهاده‌اند.

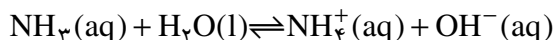
آن‌چه از تعریف بالا برمی‌آید این است که محلول بافر به طریقی می‌تواند هم اسید و هم باز اضافه شده را خنثی کند. به عبارت دیگر یک محلول بافر هم خنثی‌کننده‌ی اسید و هم خنثی‌کننده‌ی باز است. اما چگونه چنین چیزی ممکن است؟ پاسخ این پرسش را باید در ویژگی‌های اجزای سازنده‌ی یک محلول بافر جست‌وجو کرد.

محلول بافر از دو جزء با نسبت‌های 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.

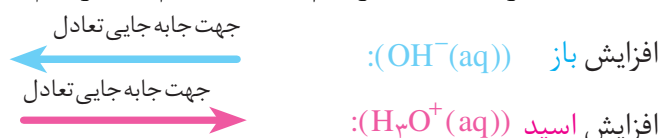
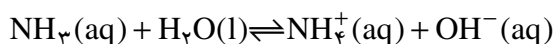
آمونیم کلرید بر اثر انحلال در آب به طور کامل به یون‌های سازنده‌اش تفکیک می‌شود.



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.



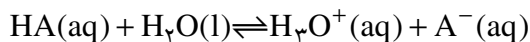
مقدار pH پلاسمای خون انسان تقریباً ثابت و برابر ۷/۴ است. تنظیم میزان اسیدی بودن خون برعهده ی پروتئینی به نام کربنیک آنهیدراز (CA) است. این پروتئین کاتالیزگر واکنش زیر است.



۵ لیتر خون انسان حداکثر می تواند افزایش ۱۵۰ mL محلول  $1 \text{ mol.L}^{-1}$  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

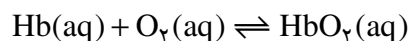
خواهد بود؟

۳- محلول بافری که در آن غلظت اتانویک اسید  $0.1 \text{ mol.L}^{-1}$  و غلظت سدیم اتانوات  $0.2 \text{ mol.L}^{-1}$  است چه pH دارد؟ ( $\text{pK}_a$  (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

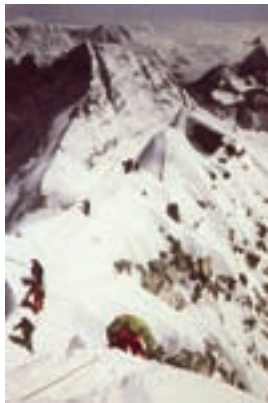
در بدن انسان، تعادل های شیمیایی بی شماری باید برقرار باشد تا سلامت بدن حفظ شود. اگر شرایط محیط زیست تغییر کند، بدن برای حفظ عملکرد خود باید با شرایط جدید سازگار شود. پیامدهای ناشی از تغییر ناگهانی ارتفاع، این واقعیت را به خوبی نشان می دهد. صعود به ارتفاعات می تواند موجب ناراحتی هایی هم چون سردرد، حالت تهوع و خستگی شود. همه ی این ها علائم بیماری هیپوکسیا است. بیماری ای که بر اثر کمبود مقدار اکسیژن موجود در بافت های بدن بروز می کند. در بدترین حالت، بیمار گاه به حالت کُما می رود و ممکن است در صورت عدم درمان به موقع، حتی جان بسپارد. با وجود این، اگر فردی به مدت چند هفته در بلندی ها زندگی کند، به تدریج ناراحتی های ناشی از تغییر ارتفاع بهبود می یابد و بدن با مقدار کم اکسیژن هوا سازگاری پیدا می کند. از این رو، فرد می تواند بدون هیچ گونه 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 می توان به وسیله ی معادله ی ساده ی زیر نشان داد:



در این معادله  $\text{HbO}_2$  اوکسی هموگلوبین نام دارد، ترکیب پیچیده ی هموگلوبین - اکسیژن که مولکول اکسیژن را به بافت های بدن منتقل می کند. ثابت تعادل این واکنش عبارت است از:

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

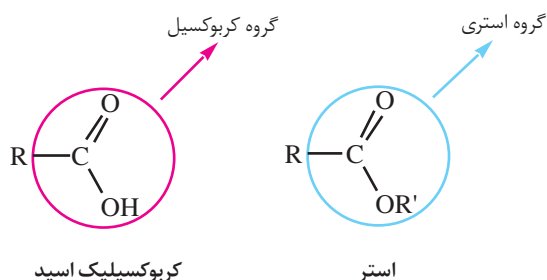
در ارتفاع ۲ کیلومتری از سطح دریا، فشار اکسیژن هوا تنها در حدود  $0.14 \text{ atm}$  است، درحالی که این فشار در سطح دریا  $0.2 \text{ atm}$  است. از این رو، براساس اصل لوشاتلیه، تعادل یاد شده با کاهش غلظت اکسیژن، از راست به چپ جابه جا می شود. در نتیجه، مقدار اوکسی هموگلوبین بدن کاهش یافته، بیماری هیپوکسیا بروز می کند. با گذشت زمان، بدن با تولید مولکول های هموگلوبین بیش تر، بر این مشکل غلبه می کند. به این ترتیب، تعادل به تدریج به طرف تشکیل اوکسی هموگلوبین جابه جا می شود. طی دو تا سه هفته، مقدار هموگلوبین تولید شده آن چنان افزایش می یابد که نیازهای اصلی بدن را رفع می کند. البته، برای بازگشت به شرایط مناسب اولیه ممکن است به چند سال زمان نیاز باشد. بررسی ها نشان می دهد که درصد هموگلوبین خون افرادی که در بلندی ها زندگی می کنند، بالا بوده، گاهی تا ۵۰٪ بیش تر از افراد ساکن در جاهای کم ارتفاع است.



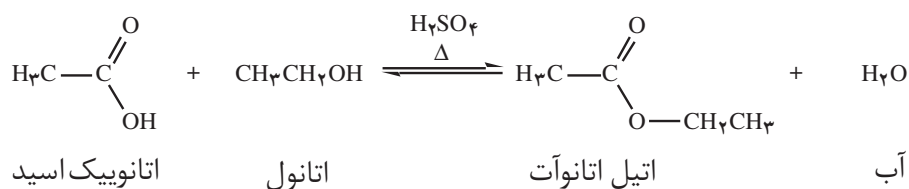
کوهنوردان پیش از صعود به قله های مرتفعی چون قله ی اورست، به هفته ها و حتی ماه ها زمان نیاز دارند تا به شرایط این بلندی ها عادت کنند.

## صابون‌ها نمک‌هایی بازی هستند

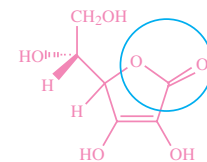
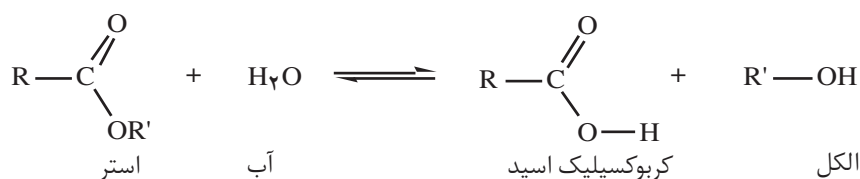
اگر به جای اتم هیدروژن گروه کربوکسیل یک گروه آلکیل قرار بگیرد ترکیبی به نام استر به دست می‌آید. استرها یکی از مهم‌ترین مشتق‌های کربوکسیلیک اسیدها هستند. استرهای سبک (با تعداد کمی اتم کربن) بوی بسیار مطبوعی دارند. طعم و بوی شاخص میوه‌ها و عطر گل‌ها اغلب به علت وجود این استرهاست.



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 برگشت‌پذیر 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 آن‌جا که کربوکسیلیک اسید حاصل از آبکافت این استرها بویی نامطبوع دارد، بوی ناخوشایندی به بدن می‌دهد.



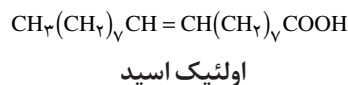
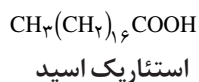
ویتامین C (آسکوربیک اسید) جامدی سفید رنگ، محلول در آب و غیرسمی است. که گفته می‌شود وجود آن در رژیم غذایی سامانه‌ی ایمنی بدن انسان را در برابر انواع بیماری‌ها تقویت می‌کند. بسیاری از میوه‌ها بویژه مرکبات سرشار از ویتامین C هستند. همان طوری که در فرمول ساختاری بالا دیده می‌شود ویتامین C یک استر حلقوی است.

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

اتیل اتانوات (اتیل استات) مایعی بی‌رنگ، خوش‌بو، فرار (با نقطه‌ی جوش  $77^{\circ}\text{C}$ ) و آتش‌گیر است. به مقدار کمی در آب حل می‌شود. از جمله مهم‌ترین حلال‌های صنعتی است که در چسب‌سازی و رنگ‌سازی و در تولید باروت و ساخت برخی داروها کاربرد دارد.

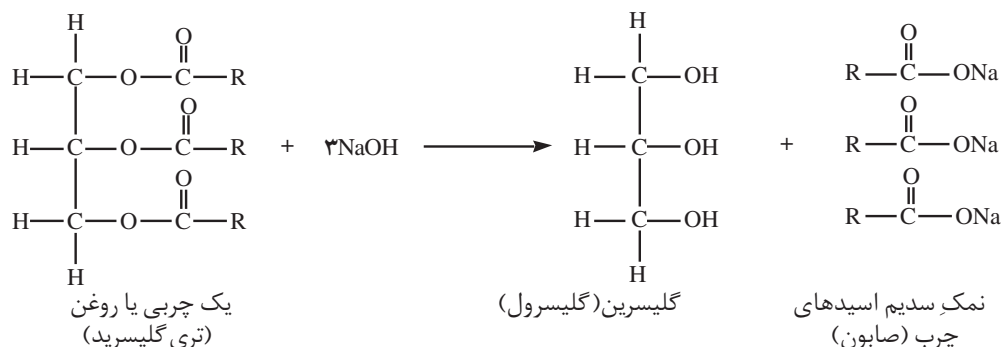


**شکل ۶** صابون‌ها به طور عمده نمک‌های سدیم کربوکسیلیک اسیدهای بلند زنجیری هستند که اسیدهای چرب نامیده می‌شوند. این اسیدها که می‌توانند سیر شده (مانند استئاریک اسید) یا سیر نشده (مانند اولئیک اسید) باشد عموماً بین ۱۴ تا ۱۸ اتم کربن دارند.



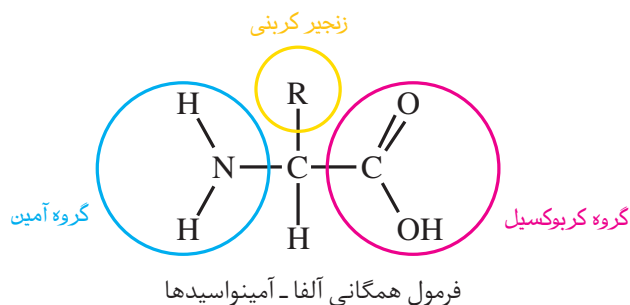
تفاوت چربی (fat) و روغن (oil) در حالت فیزیکی آن‌هاست. روغن‌ها در دمای اتاق مایع و چربی‌ها جامدند.

آبکافت استرها در محیط قلیایی به طور برگشت‌ناپذیر روی می‌دهد، از این رو کاربردهای ویژه‌ای نیز یافته است. برای مثال، استر اسیدهای چرب در محیط قلیایی آبکافت می‌شوند. آبکافت این استرها در محیط قلیایی اساس ساختن صابون است، شکل ۶. **صابونی شدن** نامی است که به همین دلیل براین واکنش نهاده‌اند. اگر استر یک اسید چرب با محلول آبی سدیم هیدروکسید جوشانده شود، استر به نمک سدیم کربوکسیلیک اسید و الکل سازنده تجزیه می‌شود. چربی‌ها و روغن‌ها (تری‌گلیسریدها) استرهایی طبیعی هستند.



## آمینواسیدها

همان طوری که از نام آمینواسید برمی‌آید این ترکیب‌های آلی هم یک گروه بازی ( $-\text{NH}_2$ ) و هم یک گروه اسیدی ( $-\text{COOH}$ ) دارند، به عبارت دیگر می‌توانند هم با اسیدها و هم با بازها وارد واکنش شوند. این ترکیب‌ها در زیست‌شیمی اهمیت بسیاری دارند و واحدهای سازنده پلیمرهای طبیعی مهمی به نام **پروتئین‌ها** به شمار می‌آیند. در همه‌ی آمینواسیدهای طبیعی گروه آمین ( $-\text{NH}_2$ ) روی همان کربنی قرار دارد که گروه کربوکسیل ( $-\text{COOH}$ ) قرار می‌گیرد. آلفا-آمینواسید نامی است که به همین دلیل به این ترکیب‌ها اطلاق می‌شود. فرمول همگانی آلفا-آمینواسیدها را می‌توان به صورت زیر نشان داد.

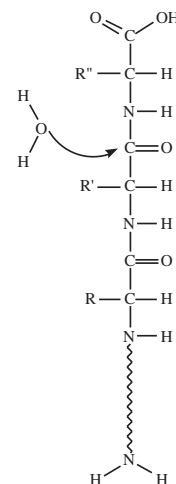


## فکر کنید

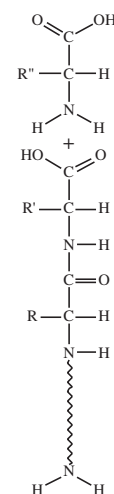
آمینواسیدها جامدهایی با نقطه‌ی ذوب بالا هستند و انحلال پذیری کمی در حلال‌های ناقطبی دارند. در جدول زیر برخی ویژگی‌های گلی سین (آمینواتانویک اسید) همراه با خواص یک کربوکسیلیک اسید و یک آمین هم جرم با گلی سین، داده شده است. تفاوت نقطه‌ی ذوب و انحلال پذیری گلی سین با این دو ماده را چگونه می‌توان توجیه کرد؟

نام	فرمول شیمیایی	حالت فیزیکی	انحلال پذیری در دمای اتاق		
			آب	اتانول	دی اتیل اتر
گلی سین	$H_2NCH_2COOH$	جامد با نقطه‌ی ذوب بالا ( $232^{\circ}C$ )	خیلی زیاد	نامحلول	نامحلول
پروپانویک اسید	$CH_3CH_2COOH$	مایعی روغنی شکل (نقطه‌ی جوش $141^{\circ}C$ )	خیلی زیاد	زیاد	زیاد
بوتیل آمین	$CH_3CH_2CH_2CH_2NH_2$	مایعی فرار (نقطه‌ی جوش $78^{\circ}C$ )	خیلی زیاد	خیلی زیاد	خیلی زیاد

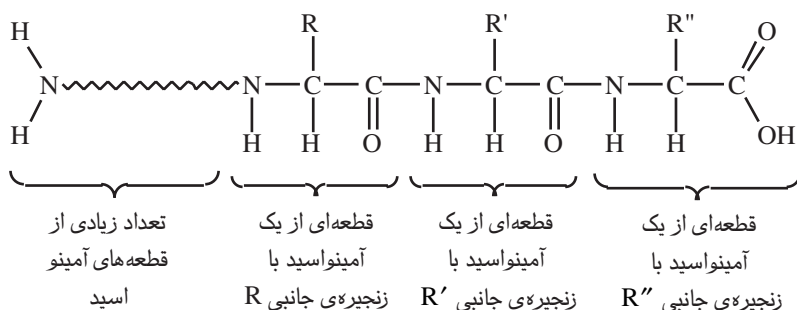
حدود ۲۰ آمینو اسید طبیعی وجود دارد. این آمینو اسیدها تنها در گروه R با هم تفاوت دارند. بدن نیمی از این آمینواسیدها را می‌سازد و نیمی دیگر را از طریق مصرف مواد غذایی مناسب تأمین می‌کند.



آنزیم



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



شکل آ

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

**شکل ب.** بر اثر واکنش یک مولکول آب با یک پروتیین، یک آمینواسید از پروتیین جدا می‌شود و پروتیینی کوچک تر باقی می‌ماند.