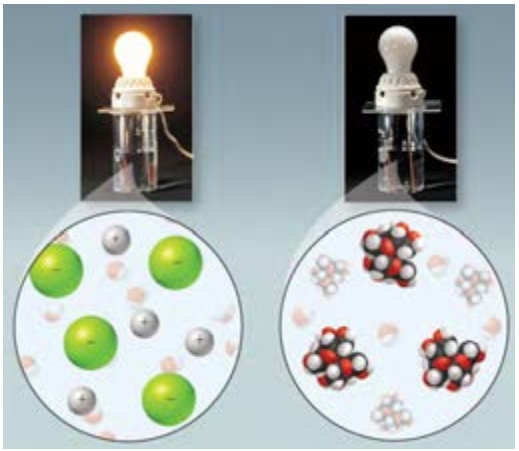
رسانایی الکتریکی محلول‌ها و قدرت اسیدی

برخی از خوراکی‌ها، شوینده‌ها، داروها، مواد آرایشی و بهداشتی شامل مقادیر متفاوتی از یون‌ها به‌ویژه یون هیدرونیوم هستند. غلظت این یون بر ماندگاری این مواد و در نتیجه سلامتی تأثیر شایانی دارد. برای نمونه شیر سالم با افزایش غلظت یون هیدرونیوم، ترش شده به‌طوری که دیگر قابل نوشیدن نیست. این نمونه نشان می‌دهد که در فرایند تولید مواد گوناگون اغلب تعیین و کنترل غلظت یون هیدرونیوم نقش مهمی دارد. یکی از روش‌هایی که برای تعیین

غلظت یون هیدرونیوم می‌توان به‌کار برد، سنجش رسانایی الکتریکی محلول‌های آبی است.

می‌دانید که فلزها و گرافیت (مغز مداد) رسانای جریان برق هستند. از آنجا که رسانایی آنها به‌وسیلهٔ الکترون‌ها انجام می‌شود، به آنها **رسانای الکترونی**[۱] می‌گویند. نوع دیگری از رسانایی نیز وجود دارد که به‌وسیلهٔ یون‌ها انجام می‌شود و به آن **رسانای یونی**[۲] می‌گویند. این رسانایی هنگامی انجام می‌شود که یون‌ها بتوانند از نقطه‌ای به نقطهٔ دیگر جابه‌جا شوند، زیرا در این شرایط بارهای الکتریکی نیز جابه‌جا خواهند شد.



شکل ۶ـ مقایسه رسانایی الکتریکی محلول‌های آبی سدیم کلرید و شکر

برای نمونه، محلول آبی سدیم کلرید را در نظر بگیرید. این محلول حاوی یون‌های $Na^+(aq)$ و $Cl^-(aq)$ است که با جنبش‌های آزادانه اما نامنظم در سرتاسر آن پراکنده‌اند. هرگاه این محلول در مدار الکتریکی قرار گیرد، جریان برق در مدار برقرار می‌شود، زیرا یون‌ها به سوی قطب‌های ناهمنام حرکت می‌کنند. یون‌های $Na^+(aq)$ به سوی قطب منفی و یون‌های $Cl^-(aq)$ به سوی قطب مثبت پیش می‌روند. جابه‌جایی یون‌ها نشان‌دهندهٔ جابه‌جایی بارهای الکتریکی و در نتیجه، رسانایی الکتریکی محلول سدیم کلرید است. به موادی مانند $NaCl(s)$، **الکترولیت**[۳] و به $NaCl(aq)$، **محلول الکترولیت**[۴] می‌گویند نکته جالب این است که همهٔ محلول‌های یونی رسانایی یکسانی ندارند (شکل ۶).

● به موادی مانند اتانول و شکر که انحلال آنها در آب به شکل مولکولی است، غیرالکترولیت و به محلول آنها، محلول غیرالکترولیت می‌گویند.

خود را بیازمایید

۱ـ با توجه به شکل بالا معادله انحلال یونی سدیم کلرید را بنویسید.

۲ـ در معادلهٔ انحلال هر یک از ترکیب‌های یونی زیر، جاهای خالی را پر کنید.

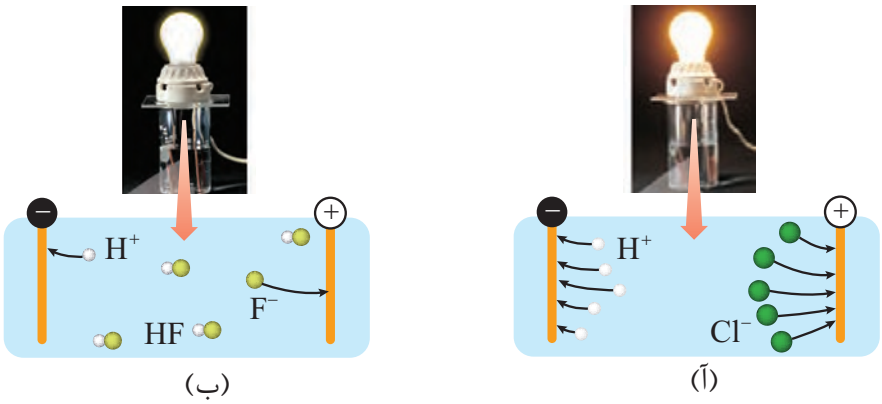
آ) $NaOH(s) \longrightarrow \ldots\ldots (aq) + \ldots\ldots (aq)$

ب) $\ldots\ldots(s) \longrightarrow Al^{3+}(aq) + 3NO_3^-(aq)$

پ) $BaCl_2(s) \longrightarrow \ldots\ldots (aq) + \ldots\ldots (aq)$

اگر محلول الکترولیت‌های گوناگون در چنین مداری قرار گیرند، روشنایی یکسانی در لامپ ایجاد نمی‌کنند. برای نمونه شکل ۷، رسانایی الکتریکی محلول ۰/۱ مولار هیدروکلریک‌اسید را در مقایسه با محلول ۰/۱ مولار هیدروفلوئوریک اسید در دمای اتاق نشان می‌دهد.

۱ـ Electronic Conductor
۲ـ Ionic Conductor
۳ـ Electrolyte
۴ـ Electrolyte Solution



شکل ۷ـ رسانایی الکتریکی دو محلول الکترولیت آ) HCl(aq) ب) HF(aq)

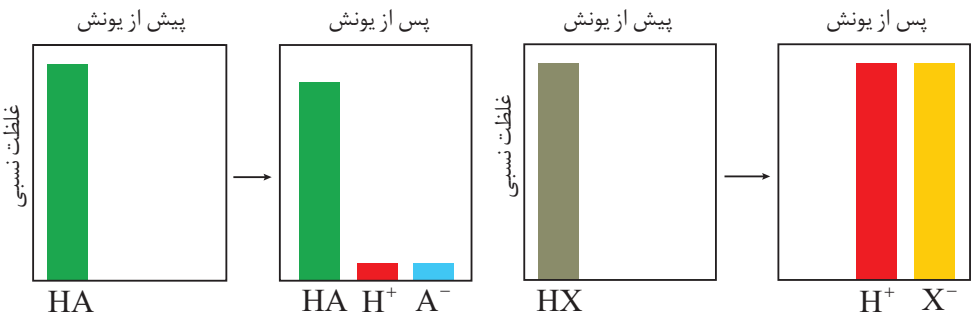
کمتر بودن رسانایی الکتریکی هیدروفلوئوریک اسید نشان می‌دهد که در شرایط یکسان شمار یون‌های موجود در این محلول کمتر از محلول هیدروکلریک اسید است. به دیگر سخن غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها (یون‌های هیدرونیوم) در HCl(aq) بیشتر است. با این توصیف شیمی‌دان‌ها به کمک مدل آرنیوس، هیدروکلریک اسید را یک **اسید قوی**[۱] و هیدروفلوئوریک اسید را یک **اسید ضعیف**[۲] می‌نامند.

با هم بیندیشیم

به اسیدی که هر مولکول آن در آب تنها می‌تواند یک یون هیدرونیوم تولید کند، **اسید تک‌پروتون‌دار**[۳] می‌گویند. با این توصیف:

۱ـ معادله یونش را برای اسیدهای تک پروتون‌دار HCl(aq) و HF(aq) در آب بنویسید.

۲ـ نمودارهای زیر غلظت نسبی گونه‌های موجود در محلول این دو اسید را پیش و پس از یونش نشان می‌دهند.



آ) کدام اسید به طور کامل و کدام‌یک به طور جزئی یونیده شده است؟

به فرایندی که در آن یک ترکیب مولکولی در آب به یون‌های مثبت و منفی تبدیل می‌شود، **یونش** می‌گویند.

۱ـ Strong Acid
۲ـ Weak Acid
۳ـ Monoprotic Acid

ب) کدام نمودار را می‌توان به هیدروکلریک اسید و کدام نمودار را می‌توان به هیدروفلوئوریک اسید نسبت داد؟ چرا؟

۳ـ شیمی‌دان‌ها برای بیان میزان یونش اسیدها، از کمیتی به نام **درجه یونش** (α) استفاده می‌کنند که به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\text{درجهٔ یونش} = \frac{\text{شمار مولکول‌های یونیده شده}}{\text{شمار کل مولکول‌های حل شده}}$$

آ) پیش‌بینی کنید درجه یونش برای HCl در محلول هیدروکلریک اسید چند است؟چرا؟

ب) اگر در محلول هیدروفلوئوریک اسید از هزار مولکول حل شده در دمای اتاق تنها ۲۴ مولکول یونیده شود، درجه و درصد یونش آن را حساب کنید.

اینک می‌توان اسیدها را بر مبنای میزان یونشی که در آب دارند در دو دسته قوی و ضعیف جای داد. اسیدهایی قوی هستند که می‌توان یونش آنها را در آب کامل در نظر گرفت ($\alpha \cong 1$) . اسیدهای ضعیف در آب به میزان جزئی یونیده می‌شوند و شمار یون‌ها در محلول آنها کم است ($\alpha < 1$).

خود را بیازمایید

۱ـ نیتریک اسید، یک اسید قوی است. در محلول ۰/۲ مولار این اسید، غلظت یون‌های هیدرونیوم و نیترات را با دلیل پیش‌بینی کنید.

۲ـ اگر در محلول ۰/۱ مولار استیک اسید (CH_3COOH)، غلظت یون هیدرونیوم برابر با $1/35 \times 10^{-3}\ mol\ L^{-1}$ باشد:

آ) معادله یونش استیک‌اسید را بنویسید.

ب) درصد یونش آن را حساب کنید.

در زندگی روزانه با انواع اسیدها سر و کار داریم که برخی قوی و اغلب آنها ضعیف هستند. اسیدهای قوی را می‌توان محلولی شامل یون‌های آب پوشیده دانست، به طوری که در آنها تقریباً مولکول‌های یونیده نشده یافت نمی‌شود. این در حالی است که در محلول اسیدهای ضعیف افزون بر اندک یون‌های آب پوشیده، مولکول‌های اسید نیز یافت می‌شوند. برای نمونه، در محلول سرکه شمار ناچیزی از یون‌های آب پوشیده هم‌زمان با شمار زیادی از مولکول‌های استیک‌اسید یونیده نشده حضور دارند. یافته‌های تجربی نشان می‌دهند که در شرایط معین، غلظت همه گونه‌های موجود در محلول این اسید، همانند دیگر اسیدهای ضعیف ثابت است.

● در رابطه درجه یونش به جای شمار مولکول‌ها، می‌توان شمار مول‌ها یا غلظت مولی گونه‌ها را قرار داد.

● در منابع علمی معتبر گاهی به جای درجه یونش از درصد یونش ($\alpha \times 100$) استفاده می‌کنند.

● کربوکسیلیک‌اسیدها از جمله اسیدهای ضعیف هستند که تنها هیدروژن گروه کربوکسیل آنها می‌تواند به صورت یون هیدرونیوم وارد محلول شود.

● اسیدهای موجود در سیب، انگور، ریواس و مرکبات مانند پرتقال و لیمو و نیز انواع سرکه از جمله اسیدهای خوراکی و ضعیف هستند.

آیا می‌دانید حضور هم‌زمان یون‌ها و مولکول‌های یونیده نشده با غلظت ثابت در محلول چنین اسیدهایی بیانگر چیست؟

ثابت تعادل و قدرت اسیدی

در شیمی ۱ آموختید که حضور هم‌زمان واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها در مخلوط واکنش را می‌توان نشانه‌ای از برگشت‌پذیر بودن واکنش‌ها دانست. واکنش‌هایی که در آنها همه واکنش‌دهنده‌ها به فراورده‌ها تبدیل نمی‌شوند، بلکه در شرایط معین مقدار آنها در سامانه ثابت خواهد ماند. گویی این واکنش‌ها تا حدی پیش می‌روند و پس از آن، مقدار مواد شرکت‌کننده دیگر تغییر نخواهد کرد.

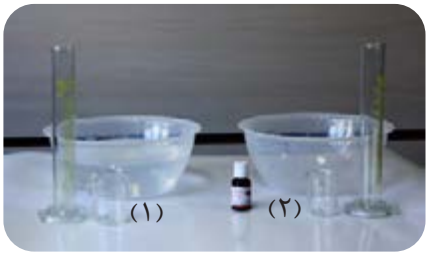
کاوش کنید

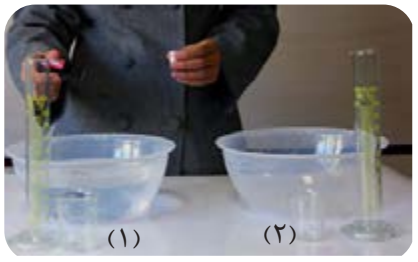
درباره «**فرایند برگشت‌پذیر تبدیل A به B تا رسیدن به تعادل**» کاوش کنید.

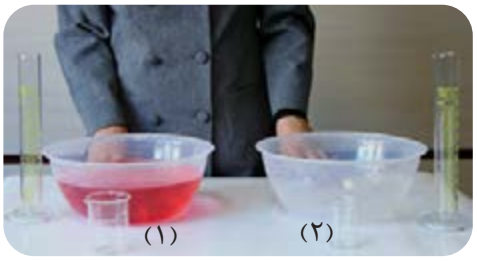
ابزار، وسایل و مواد مورد نیاز: دو ظرف پلاستیکی با حجم حدود ۲ لیتر، دو بشر ۱۰۰ و ۵۰ میلی لیتری، دو استوانه مدرج ۱۰۰ میلی لیتری و حدود یک لیتر آب حاوی رنگ خوراکی.

۱ـ دو ظرف پلاستیکی دو لیتری را شماره گذاری کنید و درون یکی حدود یک لیتر آب بریزید.

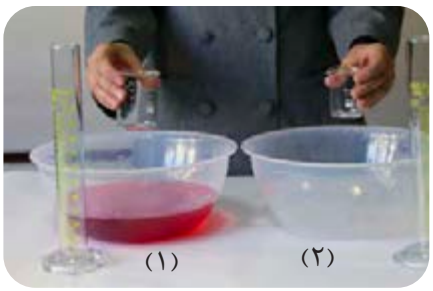
۲ـ به ظرف محتوی آب چند قطره رنگ خوراکی بیفزایید.

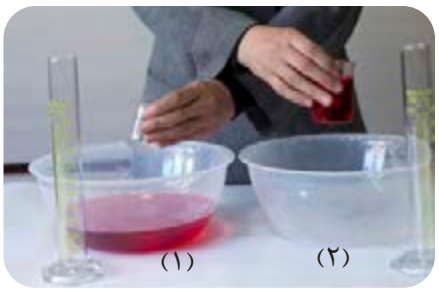


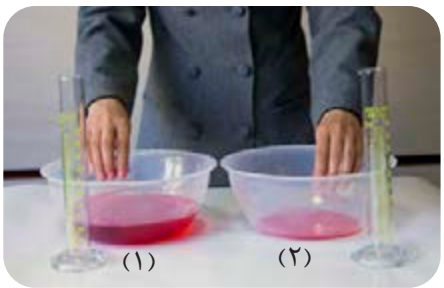




۳ـ با بشر ۱۰۰ میلی لیتری، از محتویات ظرف (۱) بردارید و به ظرف (۲) بریزید، هم‌زمان با بشر ۵۰ میلی‌لیتری از محتویات ظرف (۲) بردارید (ظرف خالی) و به ظرف (۱) بریزید. محتویات کدام ظرف را می‌توان به عنوان فراورده در نظر گرفت؟ چرا؟

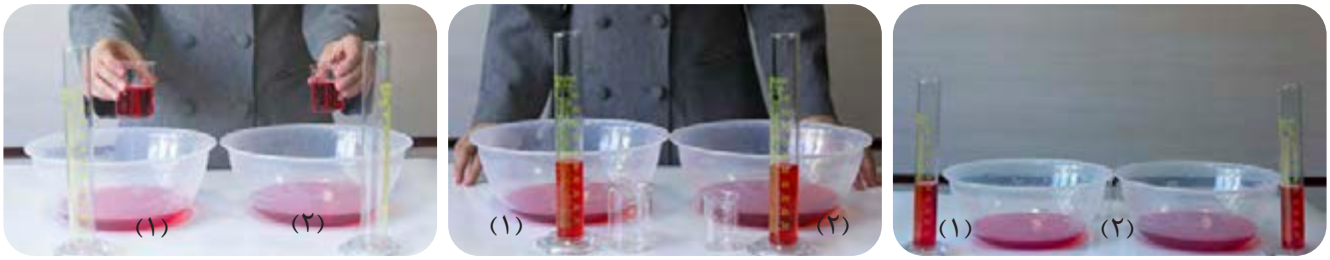






۴ـ جابه‌جایی محتویات دو ظرف را با همین روند ادامه دهید اما پیش از اینکه هر بار به ظرف دیگر منتقل کنید نخست آنها را در دو استوانه مدرج بریزید و پس از مقایسه حجم آنها، محلول‌ها را با استوانه مدرج جابه‌جا کنید (دلیل این عمل را توضیح دهید).

۵ـ سرانجام به مرحله‌ای خواهید رسید که حجم محلول‌های جابه‌جا شده میان دو ظرف برابر و مقدار محتویات هر ظرف ثابت خواهد ماند اما مقدار این محتویات با هم برابر نیست.



۶ـ درباره درستی نتیجه زیر گفت‌وگو کنید.

«در یک واکنش برگشت‌پذیر که هم‌زمان واکنش‌های رفت و برگشت به‌طور پیوسته انجام می‌شوند، سرانجام مقدار واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها ثابت می‌ماند».

واکنش‌های برگشت‌پذیر، آنهایی هستند که می‌توانند در هر دو جهت انجام شوند. این نوع واکنش‌ها در شرایط مناسب هم‌زمان در هر دو جهت رفت و برگشت انجام می‌شوند تا اینکه سرانجام لحظه‌ای فرا می‌رسد که غلظت واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها ثابت می‌ماند. این ویژگی تنها هنگامی رخ می‌دهد که سرعت واکنش رفت با برگشت برابر شود زیرا در این شرایط، هر مقداری از فراورده‌ها که در واحد زمان تولید می‌شود، هم‌زمان به همان مقدار از آنها مصرف می‌شود. برای واکنش‌دهنده‌ها نیز چنین است. در شیمی به چنین سامانه‌هایی، **سامانه تعادلی** می‌گویند. واکنش‌های رفت و برگشت در سامانه‌های تعادلی به‌طور پیوسته و با سرعت برابر انجام می‌شوند و به همین دلیل مقدار مواد شرکت‌کننده در سامانه ثابت می‌ماند.

نماد $\rightleftharpoons$ ، در واکنش‌های تعادلی به کار می‌رود.

نمونه‌ای از سامانه‌های تعادلی، محلول اسیدهای ضعیف در آب است. در این محلول‌ها به دلیل یونش ناچیز اسیدهای ضعیف، میان اندک یون‌های حاصل از یونش و مولکول‌های یونیده نشده، تعادل برقرار می‌شود. برای نمونه در محلول هیدروفلوئوریک اسید تعادل زیر برقرار است.

$$HF(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + F^-(aq)$$

برای این سامانه نیز در دمای ثابت همانند دیگر سامانه‌های تعادلی، واکنش‌های رفت و برگشت پیوسته در حال انجام هستند به‌طوری که در هر گسترهٔ زمانی معین، شمار مولکول‌های HF که یونیده می‌شوند با شمار مولکول‌های HF که از پیوستن یون‌های F^- و H^+ به یکدیگر پدید می‌آیند، برابر است. این رفتار سامانه تعادلی نشان می‌دهد که سرعت تولید هرگونه با سرعت مصرف آن برابر است، رفتاری که سبب می‌شود غلظت تعادلی همه گونه‌های موجود در سامانه ثابت بماند. افزون بر این توصیف کیفی، سامانه‌های تعادلی را از دیدگاه کمّی نیز می‌توان بررسی کرد به‌طوری که این سامانه‌ها با کمیتی به نام **ثابت تعادل**[1] توصیف می‌شوند و در آن تنها غلظت تعادلی گونه‌های شرکت‌کننده در واکنش آورده می‌شود. مقدار این کمیت در دمای ثابت برای هر تعادل ثابت است.

درباره دیگر تعادل‌های شیمیایی، عبارت ثابت تعادل و عوامل مؤثر بر جابه‌جایی تعادل‌ها در فصل ۴ بیشتر خواهید آموخت.

با هم بیندیشیم

۱ـ جدول زیر غلظت تعادلی گونه‌های موجود در سه محلول از هیدروفلوئوریک اسید با غلظت‌های آغازی گوناگون را در دمای $25^\circ C$ نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.

شماره محلول	غلظت تعادلی گونه‌های شرکت‌کننده (مول بر لیتر)			$K = \frac{[H^+][F^-]}{[HF]}$
	$[HF]$	$[F^-]$	$[H^+]$	
۱	۰/۵۲	$۱/۷۵ \times ۱۰^{-۲}$	$۱/۷۵ \times ۱۰^{-۲}$	.....
۲	۰/۲۹	$۱/۳۱ \times ۱۰^{-۲}$	$۱/۳۱ \times ۱۰^{-۲}$	.....
۳	۱/۰	$۲/۴۳ \times ۱۰^{-۲}$	$۲/۴۳ \times ۱۰^{-۲}$	.....

آ) توضیح دهید چرا در هر سه محلول $[F^-] = [H^+]$ است؟

ب) کسر داده شده در ستون آخر را **عبارت ثابت تعادل** می‌نامند و با K نمایش می‌دهند. مقدار K را حساب کرده و جاهای خالی را پر کنید.

پ) توضیح دهید آیا نتیجه‌گیری زیر درست است؟

«**K برای یک واکنش تعادلی در دمای معین، مقداری ثابت است.**»

ت) آیا ثابت تعادل در دمای ثابت به مقدار آغازی واکنش‌دهنده‌ها بستگی دارد؟ توضیح دهید.

۱ـ Equilibrium Constant

۲ـ اگر غلظت تعادلی یون هیدرونیوم در محلول استیک اسید در دمای معین برابر با $۰/۰۰۰۶\ mol\ L^{-۱}$ باشد:

آ) غلظت تعادلی یون استات ($CH_۳COO^-$) را تعیین کنید.

ب) اگر غلظت تعادلی استیک اسید در این محلول برابر با ۰/۰۲ مولار باشد، ثابت تعادل را در این دما حساب کنید.

آموختید که برای هر واکنش تعادلی، یک ثابت تعادل وجود دارد که ویژه همان واکنش بوده و فقط تابع دما است. ثابت تعادل برای اسیدها به **ثابت یونش اسید**[۱] معروف است. کمیتی که با K_a نشان داده می‌شود. ثابت یونش یک اسید، نسبت حاصل‌ضرب غلظت تعادلی یون‌های موجود در محلول را به غلظت تعادلی آن اسید نشان می‌دهد. به دیگر سخن ثابت یونش، بیانی از میزان پیشرفت فرایند یونش تا رسیدن به تعادل است، به طوری که هر چه ثابت یونش اسیدی در دمای معین بزرگ‌تر باشد، آن اسید بیشتر یونیده شده و غلظت یون‌های موجود در محلول آن بیشتر است. در واقع در دمای معین هر چه ثابت یونش اسیدی بزرگ‌تر باشد، آن اسید قوی‌تر است. جدول زیر ثابت یونش برخی اسیدها را در دمای اتاق نشان می‌دهد.

جدول ۱ـ ثابت یونش برخی اسیدها در دمای اتاق

نام اسید	فرمول شیمیایی	ثابت یونش (K_a)	معادله یونش در آب
هیدرویدیک اسید	HI	بسیار بزرگ	$HI(aq) \rightarrow H^+(aq) + I^-(aq)$
هیدروبرمیک اسید	HBr	بسیار بزرگ	$HBr(aq) \rightarrow H^+(aq) + Br^-(aq)$
هیدروکلریک اسید	HCl	بسیار بزرگ	$HCl(aq) \rightarrow H^+(aq) + Cl^-(aq)$
سولفوریک اسید	$H_۲SO_۴$	بسیار بزرگ	$H_۲SO_۴(aq) \rightarrow H^+(aq) + HSO_۴^-(aq)$
نیتریک اسید	$HNO_۳$	بزرگ	$HNO_۳(aq) \rightarrow H^+(aq) + NO_۳^-(aq)$
نیترو اسید	$HNO_۲$	$۴/۵ \times ۱۰^{-۴}$	$HNO_۲(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + NO_۲^-(aq)$
فورمیک اسید	$HCOOH$	$۱/۸ \times ۱۰^{-۴}$	$HCOOH(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + HCOO^-(aq)$
استیک اسید	$CH_۳COOH$	$۱/۸ \times ۱۰^{-۵}$	$CH_۳COOH(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + CH_۳COO^-(aq)$
هیدروسیانیک اسید	HCN	$۴/۹ \times ۱۰^{-۱۰}$	$HCN(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + CN^-(aq)$

۱ـ Acid Ionization Constant

خود را بیازمایید

(آ)

(ب)

۱ـ این شکل‌ها واکنش دو قطعه نوار منیزیم یکسان را با محلول دو اسید متفاوت در دما و غلظت یکسان نشان می‌دهند.

آ) سرعت کدام واکنش بیشتر است؟ چرا؟

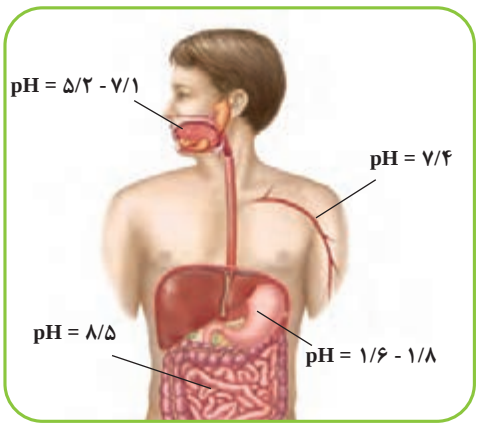
ب) غلظت یون هیدرونیوم در محلول کدام اسید بیشتر است؟ چرا؟

پ) اگر ثابت یونش یک اسید، Ka_1 و دیگری Ka_2 باشد، ثابت یونش این دو اسید را با یکدیگر مقایسه کنید و پاسخ خود را توضیح دهید.

۲ـ باران اسیدی حاوی نیتریک اسید و سولفوریک اسید است در حالی که باران معمولی حاوی کربنیک‌اسید است. با مراجعه به جدول توضیح دهید در کدام باران غلظت یون هیدرونیوم بیشتر است؟ چرا؟ ثابت یونش کربنیک اسید را $۴/۵ \times ۱۰^{-۷}$ در نظر بگیرید.

pH، مقیاسی برای تعیین میزان اسیدی بودن

با کاغذ pH و تغییر رنگ آن در محلول‌های اسیدی و بازی آشنا هستید. این تغییر رنگ معیاری برای تشخیص اسیدی یا بازی بودن محلول‌ها است. افزون بر این، رنگی که این کاغذ درون یک محلول به خود می‌گیرد، نشان‌دهنده pH تقریبی آن محلول است. pH برخی سامانه‌ها در شکل ۸ نشان داده شده است.



شکل ۸ـ pH محلول موجود در چند سامانه، محلول کدام سامانه اسیدی و کدام سامانه بازی است؟

آیا می‌دانید چه رابطه‌ای بین pH و غلظت یون هیدرونیوم موجود در محلول برقرار است؟ برای نمونه برای محلولی با pH = ۳/۷ غلظت یون هیدرونیوم چقدر است؟ چگونه باید آن را حساب کرد؟

پیوند با ریاضی

در درس ریاضی با لگاریتم آشنا شدید. تابعی که به‌صورت زیر بیان می‌شود:

$\log_{۱۰}^{x} = \log x$

$$\log_a x = b \leftrightarrow x = a^b$$

$$\log ab = \log a + \log b \quad , \quad \log \frac{a}{b} = \log a - \log b \quad , \quad \log a^n = n \log a$$

۱ـ آ) با توجه به رابطه بالا، جاهای خالی زیر را پر کنید.

$\log ۲ = ۰/۳۰ \rightarrow ۲ = ۱۰^{\dots}$

$\log \dots = ۰/۴۸ \rightarrow ۳ = ۱۰^{\dots}$

$\log ۷ = \dots \rightarrow \dots = \dots^{۰/۸۵}$

ب) با استفاده از لگاریتم‌های بالا، بنویسید در هر مورد زیر به جای ؟ چه عددی باید قرار گیرد؟

$\log ۲۱ = ?$

$\log ۰/۸ = ?$

$\log ? = ۱/۸۵$

۲ـ شیمی‌دان‌ها کمیت pH را با تابع لگاریتم به صورت زیر بیان می‌کنند.

$pH = -\log [H^+]$

با توجه به این رابطه، جدول زیر را کامل کنید.

خاصیت محلول	pH	$[H^+]$
.....	.....	۳×۱۰^{-۹}
.....	۴	.....
.....	.....	$۱/۸ \times ۱۰^{-۲}$

۳ـ دانش آموزی مطابق روند زیر غلظت یون هیدرونیوم را برای شیر ترش شده با $pH = ۲/۷$ به درستی حساب کرده است. در این روند هر یک از جاهای خالی را با عدد مناسب پر کنید.

$$pH = -\log[H^+] \rightarrow [H^+] = ۱۰^{-\dots} \xrightarrow{pH=۲/۷} [H^+] = ۱۰^{-\dots} = ۱۰^{\dots} \times ۱۰^{-۳} = \dots$$

۴ـ جدول زیر را کامل کنید.

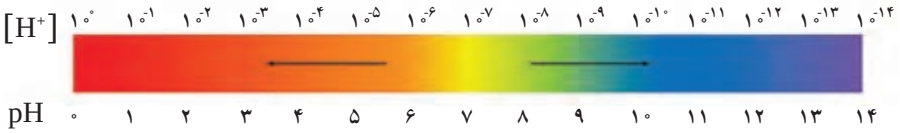
خاصیت محلول	pH	$[H^+]$
.....	۲/۱۵	.....
.....	.....	$۳/۶ \times ۱۰^{-۴}$
بازی	۱۱/۴	.....
.....	۰	.....

آیا می‌دانید

روش بسیار دقیقی برای اندازه‌گیری غلظت یون هیدرونیوم موجود در یک محلول وجود دارد که به کمک pHسنج‌های دیجیتال انجام می‌گیرد. این pHسنج‌ها با تقویت ولتاژ کوچکی که با وارد کردن الکترود دستگاه درون محلول ایجاد می‌شود و نمایش نتیجه روی صفحهٔ نمایشگر، مقدار pH آن محلول را مشخص می‌کند.

شیر ترش شده، خاصیت اسیدی داشته و $pH < ۷$ دارد.

اینک می‌پذیرید که برای پرهیز از بیان غلظت‌های کم و بسیار کم یون هیدرونیوم می‌توان از کمیت pH استفاده کرد زیرا اعدادی به مراتب ساده‌تر و قابل فهم‌تر ارائه می‌دهد. این کمیت برای محلول‌های آبی در دمای اتاق با اعدادی در گستره ۰ تا ۱۴ بیان می‌شود (نمودار ۲).



نمودار ۲ـ گستره تغییر pH برای محلول‌های آبی در دمای اتاق

به نظر شما چرا گستره تغییر pH در محلول‌های آبی و در دمای اتاق از ۰ تا ۱۴ است؟ یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که آب و همه محلول‌های آبی، محتوی یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید هستند. اما کاغذ pH در برخی محلول‌ها و آب خالص تغییر رنگ نمی‌دهد، رفتاری که تأیید می‌کند که غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید در این سامانه‌ها با یکدیگر برابراست ($[H^+] = [OH^-]$). به همین دلیل چنین سامانه‌هایی، خنثی هستند.

با هم بیندیشیم

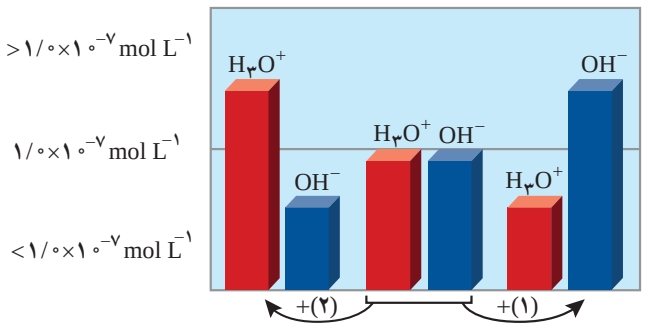
۱ـ آزمایش‌های دقیق نشان می‌دهند که آب خالص رسانایی الکتریکی ناچیزی دارد. این ویژگی بیانگر وجود مقدار بسیار کمی از یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید است. در واقع در یک نمونه از آب خالص شمار بسیار ناچیزی از مولکول‌های H_2O به یون‌های $H^+(aq)$ و $OH^-(aq)$ یونیده می‌شوند. جالب این است که اندازه‌گیری‌ها و یافته‌های تجربی در دمای اتاق برای آب و محلول‌های آبی رابطه زیر را تأیید می‌کنند:

$$[H^+][OH^-] = ۱۰^{-۱۴}$$

آ) غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید را در دمای اتاق برای آب خالص حساب کنید.

ب) pH آب خالص و **محلول‌های خنثی**[۱] را در دمای ۲۵ °C حساب کنید.

۲ـ شکل زیر تغییر غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید را هنگام افزودن هر یک از مواد ۱ و ۲ به آب خالص نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.



آیا می‌دانید

حتی در خالص‌ترین نمونه آب، مقادیر ناچیزی یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید وجود دارد. یون‌هایی که به دلیل جابه‌جایی یون هیدروژن از یک مولکول آب به دیگری تولید می‌شوند. این ویژگی سبب می‌شود که هر نمونه آب خالص در دمای ثابت (مانند ۲۵°C) یک سامانه تعادلی به شمار آید.

$$۲H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + OH^-(aq)$$

مقدار ثابت این تعادل در دمای اتاق برابر با ۱×۱۰^{-۱۴} است.

۱ـ Neutral Solutions

آ) کدام‌یک از مواد افزوده شده اسید آرنیوس است؟ چرا؟

ب) غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید را در محلول بازی با یکدیگر مقایسه کنید.

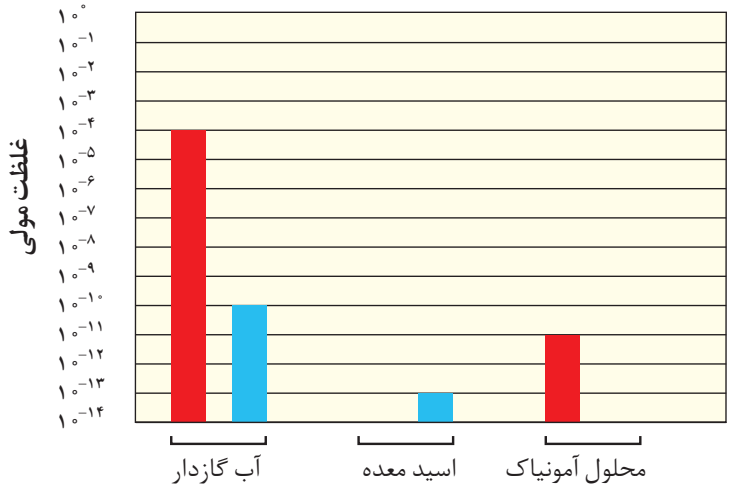
پ) آیا می‌توان گفت در محلول‌های اسیدی، یون هیدروکسید وجود ندارد؟ توضیح دهید.

۳ـ گروهی از دانش‌آموزان برای نمایش تغییر غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید در محلول‌های آبی و دمای اتاق، الگوی زیر را طراحی کرده‌اند. جاهای خالی را پر کنید و اساس کار آنها را توضیح دهید.

$[H^+] = ...$ $[H^+] = ۱۰^{-۷} mol\,L^{-۱}$ $[H^+] = ۱۰^{-۱۴} mol\,L^{-۱}$

$[OH^-] = ...$ $[OH^-] = ...$ $[OH^-] = ...$

۴ـ در نمودار زیر برای محلول آمونیاک، ستون نشان‌دهنده غلظت یون هیدروکسید و برای اسید معده، ستون نشان‌دهنده غلظت یون هیدرونیوم را رسم کنید.

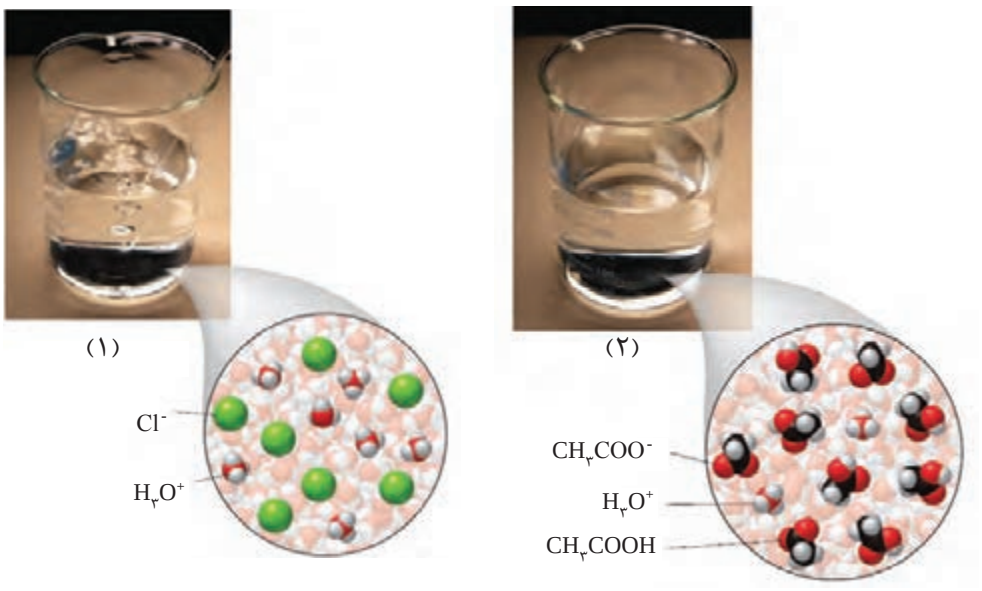


پی بردید که هر اندازه غلظت یکی از یون‌های هیدرونیوم یا هیدروکسید در محلولی بیشتر شود به همان نسبت از دیگری کاسته خواهد شد، تا حاصل‌ضرب غلظت این یون‌ها در دمای اتاق برابر با $۱۰^{-۱۴}$ شود. با این توصیف برای محلول $۰/۱\ mol\,L^{-۱}\ HCl$ می‌توان نوشت:

$$[HCl] = ۰/۱\ mol L^{-۱} \rightarrow [H^+] = ۰/۱\ mol L^{-۱} \rightarrow [OH^-] = ۱۰^{-۱۳}\ mol L^{-۱}$$

خود را بیازمایید

۱ـ در دما و غلظت یکسان، pH کدام محلول زیر کمتر است؟ چرا؟



۲ـ جدول زیر را کامل کنید.

نام محلول	غلظت محلول	$[H^+]$	$[OH^-]$	pH	درصد یونش
هیدروکلریک اسید	۰/۰۰۴				
هیدروفلوئوریک اسید	۰/۰۰۴				۲/۵
نیتریک اسید				۳/۷	
نمونه‌ای از آب یک دریاچه				۸/۵۲	

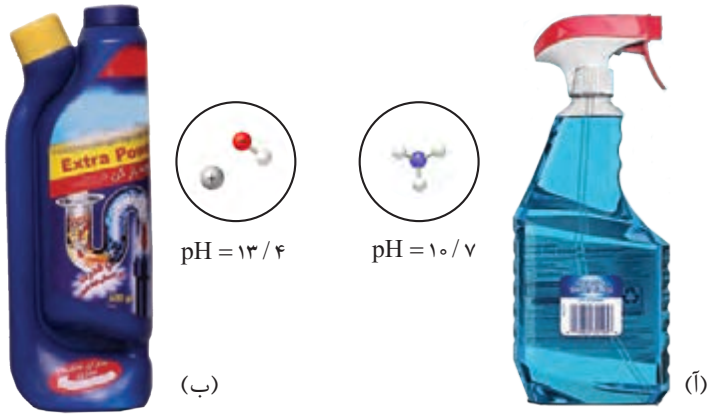
بازها محلول‌هایی با $7 < pH \leq 14$

بازهای معروفی مانند سود سوزآور (NaOH) و پتاس سوزآور (KOH) بسیار قوی هستند به‌طوری که موادی خورنده به‌شمار می‌روند. در محلول آبی این مواد $[OH^-] > [H^+]$ و pH محلول آنها در دمای اتاق در گستره ۷ تا ۱۴ خواهد بود. بدیهی است که هر چه غلظت یون هیدروکسید در محلول آنها بیشتر باشد، pH بزرگ‌تر و به ۱۴ نزدیک‌تر است. برای نمونه pH محلول مولار سدیم هیدروکسید برابر با ۱۴ است (چرا؟).

بازها کاربردهای گسترده‌ای در زندگی روزانه دارند که از جمله آنها می‌توان به شیشه پاک کن و لوله بازکن اشاره کرد (شکل ۹).

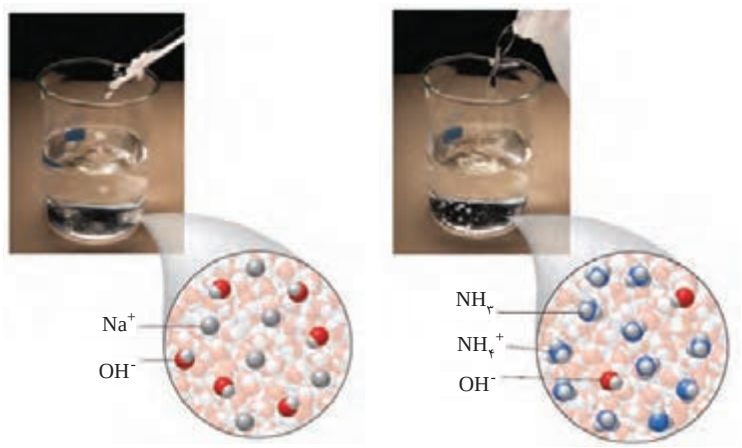
آیا می‌دانید

واژه قلیا به معنی خاکستر باقی‌مانده از سوختن گیاهان است که چربی‌ها را در خود حل می‌کند. قلیاها، بازهای محلول در آب هستند. فلزهای گروه ۱ در جدول دوره‌ای به فلزهای قلیایی معروف‌اند زیرا اغلب ترکیب‌های آنها در آب خاصیت بازی یا قلیایی دارد.



شکل ۹ـ pH دو نمونه محلول بازی در دما و غلظت یکسان، آ) آمونیاک و ب) سدیم هیدروکسید

آمونیاک از جمله **بازهای ضعیف**[1] است. به طوری که در محلول آن افزون بر مقدار کمی از یون‌های آب پوشیده، شمار بسیاری از مولکول‌های آمونیاک نیز یافت می‌شود (شکل ۱۰).



شکل ۱۰ـ نمای ذره‌ای از محلول‌های سدیم هیدروکسید و آمونیاک

خود را بیازمایید

۱ـ شکل‌های زیر رسانایی الکتریکی دو محلول بازی را در شرایط یکسان نشان می‌دهند. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.

۱ـ Weak Bases

بازها نیز همانند اسیدها ثابت یونش دارند که آن را با K_b نمایش می‌دهند. بدیهی است در دمای معین هر چه K_b بزرگ‌تر باشد، آن باز قوی‌تر است.

آیا می‌دانید

بازهای آلی مانند آمین‌ها، اندکی در آب یونیده می‌شوند و از جمله بازهای ضعیف به‌شمار می‌آیند.

آیا می‌دانید

آمونیاک به دلیل تشکیل پیوندهای هیدروژنی، در آب به‌خوبی حل می‌شود. انحلال این ماده به‌طور عمده مولکولی است و محلول آن حاوی شمار اندکی از یون‌های $NH_4^+(aq)$ و $OH^-(aq)$ است. از این رو برای توجیه خاصیت بازی محلول آمونیاک، می‌توان آن را به‌صورت $NH_4OH(aq)$ در نظر گرفت. محلولی که یک سامانه تعادلی است.

$$NH_4OH(aq) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$$

آ) کدام محلول نشان‌دهنده باز ضعیف‌تری است؟ چرا؟

ب) پیش‌بینی کنید کدام محلول می‌تواند به‌عنوان لوله بازکن استفاده شود؟ چرا؟

۲ـ اگر در ۱۰۰ میلی‌لیتر از یک محلول، ۰/۰۲ مول از پتاسیم‌هیدروکسید وجود داشته باشد:

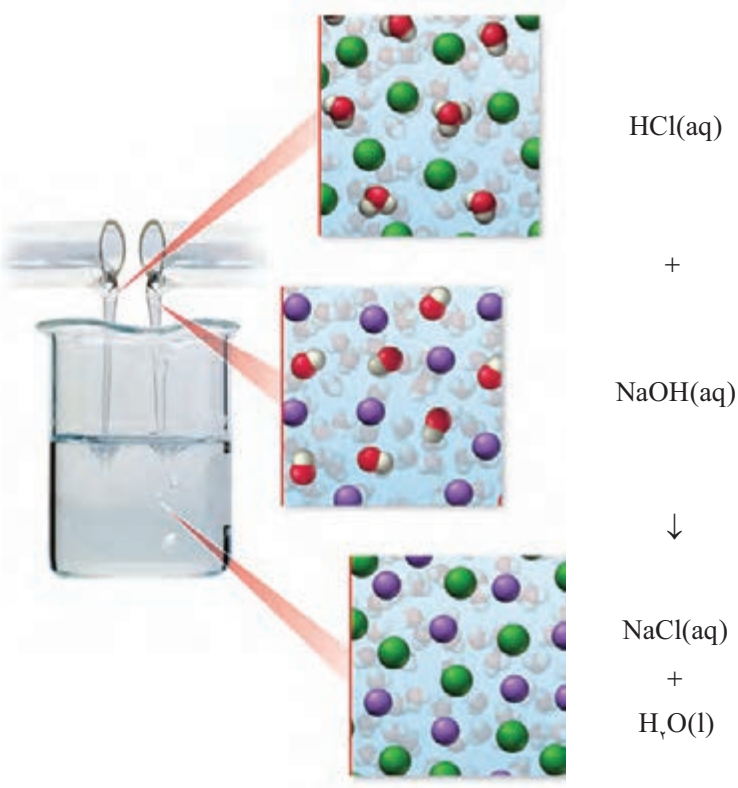
آ) غلظت یون هیدروکسید را در این محلول حساب کنید.

ب) حساب کنید pHسنج دیجیتال چه عددی را برای این محلول نشان می‌دهد؟

هنگام استفاده از محلول غلیظ سدیم‌هیدروکسیدبه‌عنوان‌لوله‌بازکن، رعایت نکات ایمنی ضروری است، زیرا تماس این محلول با بدن و تنفس بخارات آن آسیب جدی به دنبال دارد.

شوینده‌های خورنده چگونه عمل می‌کنند؟

با برخی رفتارهای اسیدها و بازها آشنا شدید. یکی از رفتارهای جالب و پرکاربرد آنها واکنش‌های شیمیایی است که بین این دو دسته از مواد انجام می‌شود. برای نمونه به واکنش بین محلول هیدروکلریک اسید با سدیم هیدروکسید توجه کنید (شکل ۱۱).



شکل ۱۱ـ نمای ذره‌ای از یک واکنش اسید ـ باز

اگر با دقت این معادله شیمیایی را بررسی کنید در می‌یابید که یون‌های هیدرونیوم در واکنش با یون‌های هیدروکسید به مولکول‌های آب تبدیل می‌شوند در حالی که یون‌های $Na^+(aq)$ و $Cl^-(aq)$ دست نخورده باقی می‌مانند. به همین دلیل می‌توان معادله واکنش میان اسید و بازهایی از این

آیا می‌دانید

محلول استیک اسید یک پاک‌کننده بوده و خاصیت ضدعفونی‌کنندگی نیز دارد. استفاده از این اسید و محلول‌های اسیدی دیگر برای پاک کردن سنگ مرمر مناسب نیست زیرا سبب می‌شود لایه‌ای از سنگ مرمر با این اسیدها واکنش داده و سطح سنگ خورده شود.

دست را به‌صورت زیر نمایش داد. معادله‌ای که نشان‌دهنده **واکنش خنثی‌شدن**[1] اسید و باز است.

$$H^+(aq) + OH^-(aq) \rightarrow H_2O(l)$$

این واکنش مبنایی برای کاربرد شوینده‌ها و پاک‌کننده‌هاست. برای نمونه فرض کنید که مسیر لوله‌ای با مخلوطی از اسیدهای چرب مسدود شده است، برای باز کردن این لوله باید از محلول غلیظ سدیم هیدروکسید استفاده کرد. معادله واکنش‌هایی که انجام می‌شود را می‌توان به شکل کلی زیر نمایش داد.

$$RCOOH(s) + NaOH(aq) \rightarrow RCOONa(aq) + H_2O(l)$$

فراورده چنین واکنش‌هایی، خود نوعی پاک‌کننده است که در آب حل می‌شود و می‌تواند چربی‌های اضافی را بزداید. اما چرا برای باز کردن برخی لوله‌ها و مجاری از محلول غلیظ هیدروکلریک اسید استفاده می‌شود؟ بدیهی است موادی که سبب گرفتگی این لوله‌ها و مجاری می‌شوند، خاصیت بازی دارند، به طوری که روی دیواره لوله‌ها و مجاری به شکل رسوب به‌جای مانده‌اند. در این حالت، لوله بازکن در واکنش با این رسوب‌ها، فراورده‌های محلول درآب یا گازی تولید می‌کند و از این راه سبب جرم‌گیری در آنها می‌شوند.

پیوند با زندگی

شاید در نزدیکان شما نیز کسانی باشند که از سوزش سینه یا ترش شدن دهان و گلو رنج می‌برند. آیا می‌دانید این درد و مزه ترش، ناشی از چیست؟ چگونه می‌توان آن را کاهش داد یا درمان کرد؟ معده برای گوارش غذا به اسید نیاز دارد. خوردن غذا سبب می‌شود که غده‌های موجود در دیواره معده، هیدروکلریک اسید ترشح کنند.

در بدن انسان بالغ روزانه بین دو تا سه لیتر شیره معده تولید می‌شود که غلظت یون هیدرونیوم در آن حدود $0/03\ mol\ L^{-1}$ است. در واقع درون معده یک محیط بسیار اسیدی است و حتی می‌تواند فلز روی را در خود حل کند! دیواره داخلی معده به طور طبیعی مقدار کمی از یون‌های هیدرونیوم را دوباره جذب می‌کند. این جذب سبب نابودی سلول‌های سازنده دیواره معده می‌شود. حال اگر مقدار اسید معده به هر دلیل بیش از اندازه باشد، شمار یون‌های جذب شده افزایش یافته و سبب درد، التهاب و گاهی خونریزی معده می‌شود.

بدیهی است که مصرف غذاها و داروهای اسیدی سبب تشدید بیماری‌های معده خواهد شد. از این رو کسانی که به این بیماری‌ها مبتلا هستند افزون بر کاهش مصرف این مواد باید از داروهای دیگری استفاده کنند.

آیا می‌دانید

برگشت شیره معده به مری، ریفلاکس معده نام دارد که سبب ایجاد مزه ترش در گلو و دهان می‌شود. ساده‌ترین روش درمان آن افزایش وعده‌های غذایی و کاهش حجم هر وعده غذایی است.

pH شیره معده به اندازه‌ای است که سبب می‌شود در هر دقیقه حدود نیم میلیون یاخته از بافت دیواره آن از بین برود.

۱ـ Neutralization Reaction

ضداسیدها[1] داروهایی هستند که برای این منظور توسط پزشکان تجویز می‌شود. شیر منیزی یکی از رایج‌ترین آنهاست که شامل منیزیم هیدروکسید است. این داروکه به شکل سوسپانسیون مصرف می‌شود، اسید معده را مطابق معادلهٔ زیر خنثی می‌کند و سبب کاهش مقدار اسید معده می‌شود.

$$2HCl(aq) + Mg(OH)_2(s) \rightarrow MgCl_2(aq) + 2H_2O(l)$$

جدول زیر مواد مؤثر موجود در ضداسیدهای گوناگون را نشان می‌دهد.

شماره ضداسید	۱	۲	۳
ماده مؤثر	$Al(OH)_3$ ، $NaHCO_3$	$Al(OH)_3$ ، $Mg(OH)_2$	$NaHCO_3$

خود را بیازمایید

۱ـ pH شیره معده را حساب کنید (غلظت یون هیدرونیوم در آن حدود $0/03\ mol\,L^{-1}$ است).

۲ـ در زمان استراحت، pH معده برابر با ۳/۷ است. غلظت یون هیدرونیوم را در این حالت حساب کنید.

۳ـ با توجه به ویژگی و کاربرد سدیم هیدروژن کربنات (جوش شیرین) مطابق جدول بالا:

آ) پیش‌بینی کنید که محلول سدیم هیدروژن کربنات در آب چه خاصیتی دارد؟ چرا؟

ب) توضیح دهید چرا برای افزایش قدرت پاک کردن چربی‌ها، به شوینده‌ها جوش شیرین می‌افزایند؟

در این فصل آموختید که مصرف مناسب مواد شوینده و پاک کننده در پیشگیری از بیماری‌ها مؤثر است. همچنین مصرف درست و به موقع داروها سبب درمان بیماری‌ها می‌شود.

این توصیف نشان می‌دهد که نوع و میزان ارائه خدمات بهداشتی، دارویی و درمانی نقش تعیین‌کننده‌ای در سطح سلامت جامعه دارد. به دیگر سخن بهره‌گیری از دانش شیمی در پیشگیری و درمان بیماری‌ها راهگشاست. از این‌رو می‌تواند بر شاخص امید به زندگی اثر داشته باشد.

۱ـ Antacids

تمرین‌های دوره‌ای

۱ـ برای هر یک از موارد زیر دلیلی بیاورید.

آ) اسیدها و بازها با ثابت یونش کوچک، الکترولیت ضعیف به شمار می‌روند.

ب) اغلب اسیدها و بازهای شناخته شده، ضعیف هستند.

پ) در محلول ۰/۱ مولار نیتریک اسید در دمای اتاق، $[NO_3^-] = 0/1\ mol\ L^{-1}$ است.

ت) در محلول ۰/۰۱ مولار فورمیک اسید، $[H^+] < [HCOOH]$ است.

۲ـ کاغذ pH بر اثر آغشته شدن به نمونه‌ای از یک محلول، به رنگ سرخ در می‌آید. همچنین رسانایی الکتریکی این محلول در شرایط یکسان به طور آشکاری از محلول آبی سدیم کلرید کمتر است. این محلول محتوی کدام ماده حل‌شونده می‌تواند باشد؟ توضیح دهید.

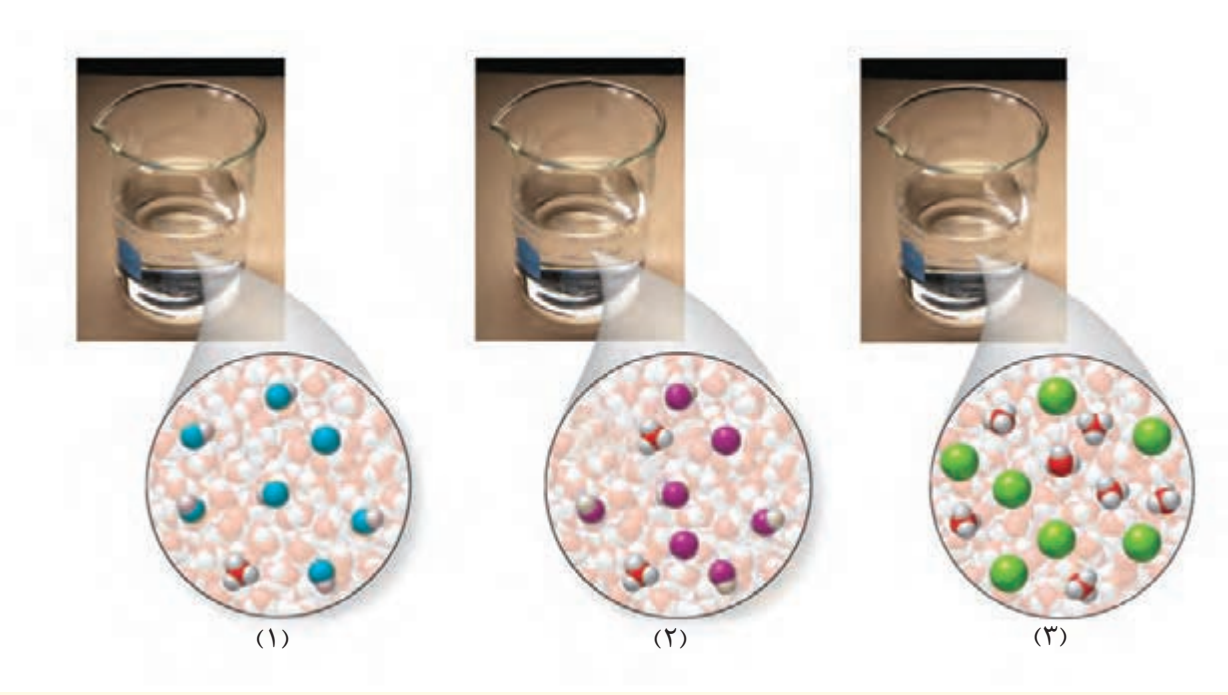
$$CH_3OH\ ,\ KOH\ ,\ HCOOH\ ,\ HCl\ ,\ NH_3$$

۳ـ در دما و غلظت یکسان، هر یک از شکل‌های زیر به کدام‌یک از محلول‌ها تعلق دارد؟ چرا؟

آ) محلول استیک‌اسید ($K_a = 1/8 \times 10^{-5}$).

ب) محلول هیدروبرمیک اسید (K_a بسیار بزرگ).

پ) محلول هیدروسیانیک اسید ($K_a = 4/9 \times 10^{-10}$).



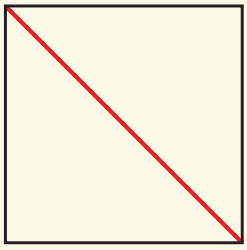
۴ـ رنگ گل ادریسی به میزان اسیدی بودن خاک بستگی دارد. این گل در خاکی که غلظت یون هیدرونیوم آن $۲ \times ۱۰^{-۵}\ molL^{-۱}$ است به رنگ آبی اما در خاک دیگری که غلظت یون هیدرونیوم $۴ \times ۱۰^{-۹}\ molL^{-۱}$ است به رنگ سرخ شکوفا می‌شود. pH این دو نوع خاک را حساب کنید.

۵ـ به شکل (آ) توجه کنید:

$$\left[OH^-\right] \times \left[H_۳O^+\right] = ؟$$

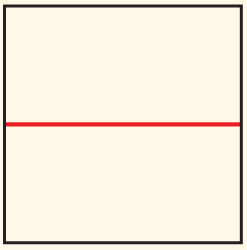
(آ) حجم محلول

دانش‌آموزی برای نشان دادن ارتباط بین حاصل‌ضرب غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید با حجم محلول، شکل‌های ب تا ت را پیشنهاد داده است. کدام‌یک از این شکل‌ها ارتباط بین کمیت‌های داده شده را به درستی نشان می‌دهد؟



(ب)

(پ)



(ت)

۶ـ در نمونه‌ای از عصارهٔ گوجه فرنگی، غلظت یون هیدرونیوم ۴×۱۰^{۶} برابر غلظت یون هیدروکسید است. pH آن را حساب کنید و در جای خالی بنویسید.

۷ـ pH یک نمونه از آب سیب برابر با ۴/۷ است. نسبت غلظت یون‌های هیدرونیوم به یون‌های هیدروکسید را در این نمونه حساب کنید.

۸ـ شکل‌های زیر ۵۰۰ میلی‌لیتر از محلول آبی دو حل شونده متفاوت را نشان می‌دهد.

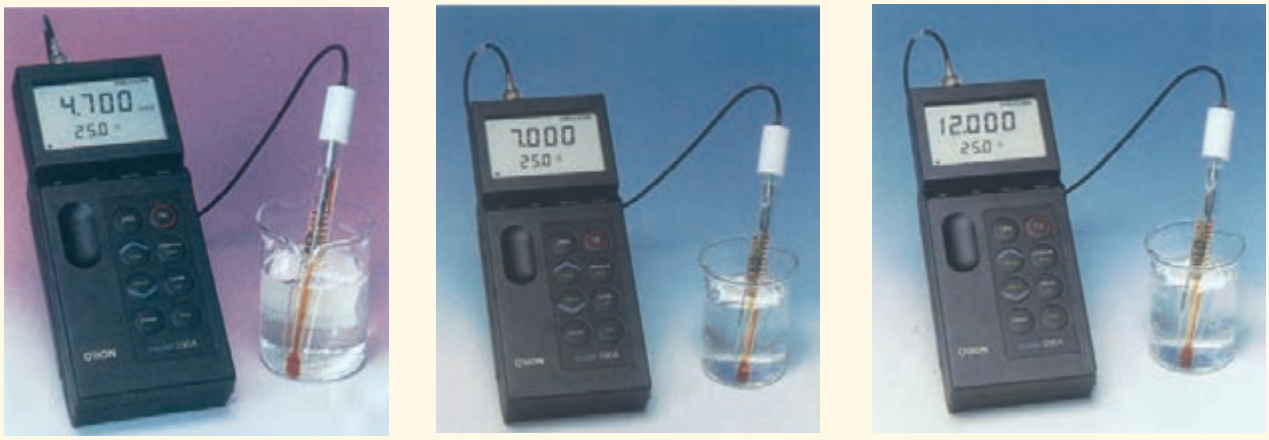
(۱) (۲)

آ) این نوع حل شونده‌ها اسید آرنیوس هستند یا باز آرنیوس؟ چرا؟

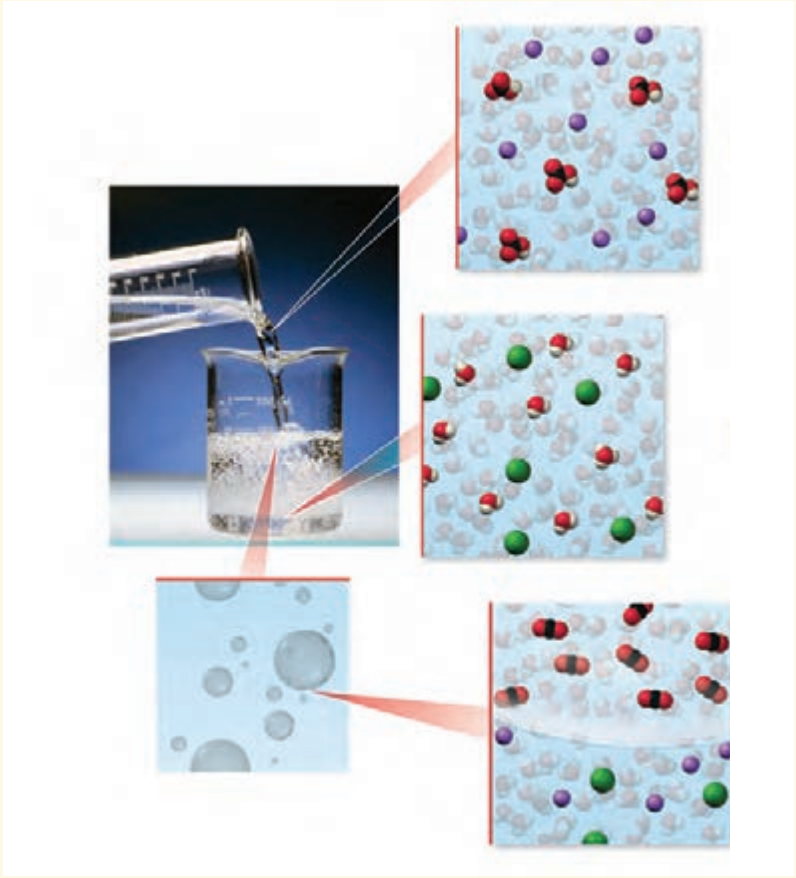
ب) درجه یونش و pH را برای هر یک از آنها حساب کنید (هر ذره را ۰/۰۰۱ مول از آن گونه در نظر بگیرید).

۹ـ HX و HY دو اسید ضعیف هستند. اگر ۱۲ گرم از HX و ۸ گرم از HY جداگانه در یک لیتر آب حل شوند، pH این دو محلول برابر خواهد شد. با مقایسه درجه یونش آنها مشخص کنید کدام اسید قوی‌تری است؟ چرا؟
(۱ mol HX = ۱۵۰ g، ۱ mol HY = ۵۰ g)

۱۰ـ یک کارشناس شیمی، pH نمونه‌هایی از ۲۰۰ لیتر محلول تهیه شده (۱ و ۲) را اندازه‌گیری کرده است. حساب کنید، چه جرمی از هر ماده حل‌شونده به ۲۰۰ لیتر آب افزوده شده است؟ از تغییر حجم چشم‌پوشی کنید.



۱۱ـ با توجه به شکل زیر که نمای ذره‌ای از یک واکنش را نشان می‌دهد، به پرسش‌ها پاسخ دهید.



$NaHCO_3(aq)$

+

… (aq)

↓

… (g)

+

NaCl(aq)

+

… (l)

آ) هر یک از جاهای خالی را با فرمول شیمیایی مناسب پر کنید.

ب) از واکنش ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول هیدروکلریک‌اسید ۰/۲ مول بر لیتر با مقدار کافی از سدیم هیدروژن کربنات، چند میلی‌لیتر گاز کربن‌دی‌اکسید در STP تولید می‌شود؟

۱۲ـ ثابت یونش برای محلول‌های BOH(aq) و B′OH(aq) در دمای اتاق به ترتیب برابر با $۱/۸\times۱۰^{-۵}$ و $۴/۸\times۱۰^{-۴}$ است.

آ) کدام‌یک باز قوی‌تری است؟ چرا؟

ب) pH کدام محلول کمتر است؟ چرا؟