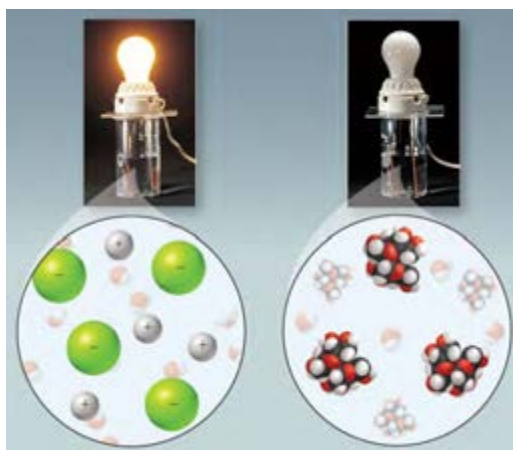


رسانایی الکتریکی محلول‌ها و قدرت اسیدی

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 به کار برد، سنجش رسانایی الکتریکی محلول‌های آبی است. می‌دانید که فلزها و گرافیت (مغز مداد) رسانای جریان برق هستند. از آنجا که رسانایی آنها به وسیلهٔ الکترون‌ها انجام می‌شود، به آنها **رسانای الکترونی**^۱ می‌گویند. نوع دیگری از رسانایی نیز وجود دارد که به وسیلهٔ 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 ۶- مقایسه رسانایی الکتریکی محلول‌های آبی سدیم کلرید و شکر

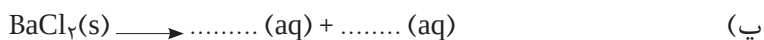
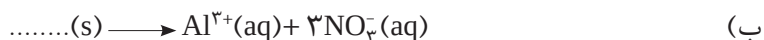
برای نمونه، محلول آبی سدیم کلرید را در نظر بگیرید. این محلول حاوی یون‌های $\text{Na}^+(\text{aq})$ و $\text{Cl}^-(\text{aq})$ است که با جنبش‌های آزادانه اما نامنظم در سرتاسر آن پراکنده‌اند. هرگاه این محلول در مدار الکتریکی قرار گیرد، جریان برق در مدار برقرار می‌شود، زیرا یون‌ها به سوی قطب‌های ناهمنام حرکت می‌کنند. یون‌های $\text{Na}^+(\text{aq})$ به سوی قطب منفی و یون‌های $\text{Cl}^-(\text{aq})$ به سوی قطب مثبت پیش می‌روند. جابه‌جایی

یون‌ها نشان‌دهندهٔ جابه‌جایی بارهای الکتریکی و در نتیجه، رسانایی الکتریکی محلول سدیم کلرید است. به موادی مانند $\text{NaCl}(\text{s})$ ، **الکتrolیت**^۳ و به $\text{NaCl}(\text{aq})$ ، **محلول الکتrolیت**^۴ می‌گویند نکته جالب این است که همهٔ محلول‌های یونی رسانایی یکسانی ندارند (شکل ۶).

خود را بیازمایید

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

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



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

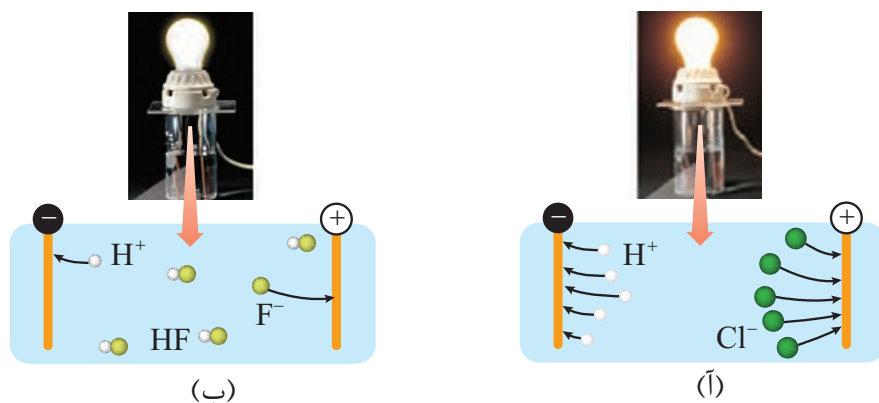
۱- Electronic Conductor

۲- Ionic Conductor

۳- Electrolyte

۴- Electrolyte Solution

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



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

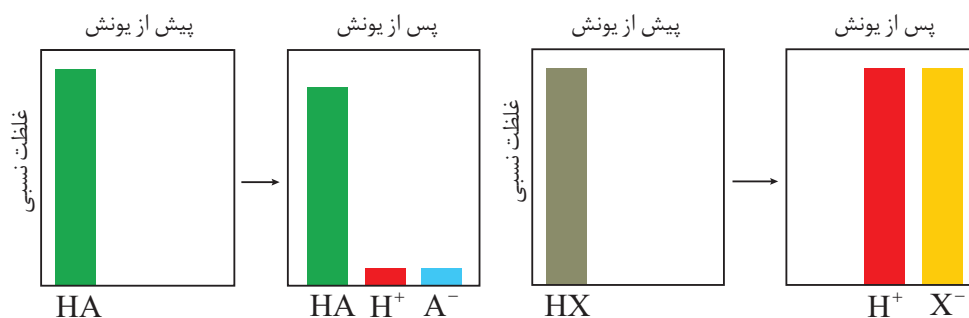
کمتر بودن رسانایی الکتریکی هیدروفلوئوریک اسید نشان می‌دهد که در شرایط یکسان شمار یون‌های موجود در این محلول کمتر از محلول هیدروکلریک اسید است. به دیگر سخن غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها (یون‌های هیدرونیوم) در HCl(aq) بیشتر است. با این توصیف شیمی‌دان‌ها به کمک مدل آرنیوس، هیدروکلریک اسید را یک **اسید قوی**^۱ 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 تک پروتون‌دار**^۳ می‌گویند. با این توصیف:

- ۱- معادله یونش را برای اسیدهای تک پروتون‌دار HCl(aq) و HF(aq) در آب بنویسید.
- ۲- نمودارهای زیر غلظت نسبی گونه‌های موجود در محلول این دو اسید را پیش و پس از یونش نشان می‌دهند.

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



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

۱- Strong Acid
۲- Weak Acid
۳- Monoprotic Acid

● در رابطه درجه یونش به جای شمار مولکول ها، می توان شمار مول ها یا غلظت مولی گونه ها را قرار داد.

(ب) کدام نمودار را می توان به هیدروکلریک اسید و کدام نمودار را می توان به هیدروفلوئوریک اسید نسبت داد؟ چرا؟

۳- شیمی دان ها برای بیان میزان یونش اسیدها، از کمیتی به نام **درجه یونش** (α) استفاده می کنند که به صورت زیر بیان می شود:

$$\text{درجه یونش} = \frac{\text{شمار مولکول های یونیده شده}}{\text{شمار کل مولکول های حل شده}}$$

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

(آ) پیش بینی 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 می توان اسیدها را بر مبنای میزان یونشی که در آب دارند در دو دسته قوی و ضعیف جای داد. اسیدهایی قوی هستند که می توان یونش آنها را در آب کامل در نظر گرفت ($\alpha \approx 1$). اسیدهای ضعیف در آب به میزان جزئی یونیده می شوند و شمار یون ها در محلول آنها کم است ($\alpha < 1$).

خود را بیازمایید

۱- نیتریک اسید، یک اسید قوی است. در محلول ۲٪ مولار این اسید، غلظت یون های هیدرونیوم و نترات را با دلیل پیش بینی کنید.

● کربوکسیلیک اسیدها از جمله اسیدهای ضعیف هستند که تنها هیدروژن گروه کربوکسیل آنها می تواند به صورت یون هیدرونیوم وارد محلول شود.

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

(آ) معادله یونش استیک اسید را بنویسید.
(ب) درصد یونش آن را حساب کنید.



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

در زندگی روزانه با انواع اسیدها سر و کار داریم که برخی قوی و اغلب آنها ضعیف هستند. اسیدهای قوی را می توان محلولی شامل یون های آب پوشیده دانست، به طوری که در آنها تقریباً مولکول های یونیده نشده یافت نمی شود. این در حالی است که در محلول اسیدهای ضعیف افزون بر اندک یون های آب پوشیده، مولکول های اسید نیز یافت می شوند. برای نمونه، در محلول سرکه شمار ناچیزی از یون های آب پوشیده هم زمان با شمار زیادی از مولکول های استیک اسید یونیده نشده حضور دارند. یافته های تجربی نشان می دهند که در شرایط معین، غلظت همه گونه های موجود در محلول این اسید، همانند دیگر اسیدهای ضعیف ثابت است.

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.

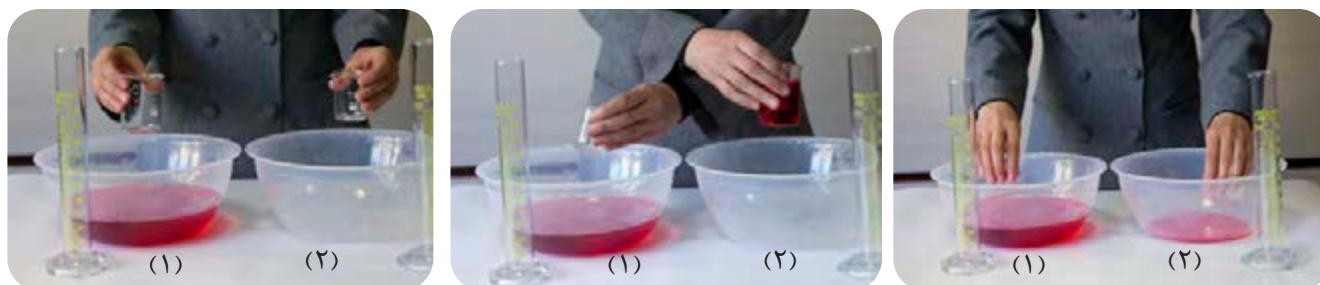
کاوش کنید

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.
- ۱- دو ظرف پلاستیکی دو لیتری را شماره گذاری کنید و درون یکی حدود یک لیتر آب بریزید.
 - ۲- به ظرف محتوی آب چند قطره رنگ خوراکی بیفزایید.



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



۴- 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).



۵- 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.



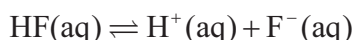
۶- درباره درستی نتیجه زیر گفت‌وگو کنید.

«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.



برای این سامانه نیز در دمای ثابت همانند دیگر سامانه‌های تعادلی، واکنش‌های رفت و برگشت پیوسته در حال انجام هستند به طوری که در هر گستره 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 هر گونه 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 کمی نیز می‌توان بررسی کرد به طوری که این سامانه‌ها با کمیتی به نام **ثابت تعادل**^۱ توصیف می‌شوند و در آن تنها غلظت تعادلی گونه‌های شرکت کننده 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 جابجایی تعادل‌ها در فصل ۴ بیشتر خواهید آموخت.

با هم بیندیشیم

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

$K = \frac{[\text{H}^+][\text{F}^-]}{[\text{HF}]}$	غلظت تعادلی گونه‌های شرکت کننده (مول بر لیتر)			شماره محلول
	$[\text{H}^+]$	$[\text{F}^-]$	$[\text{HF}]$	
.....	$1/75 \times 10^{-2}$	$1/75 \times 10^{-2}$	۰/۵۲	۱
.....	$1/31 \times 10^{-2}$	$1/31 \times 10^{-2}$	۰/۲۹	۲
.....	$2/43 \times 10^{-2}$	$2/43 \times 10^{-2}$	۱/۰	۳

آ) توضیح دهید چرا در هر سه محلول $[\text{H}^+] = [\text{F}^-]$ 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 واکنش دهنده‌ها بستگی دارد؟ توضیح دهید.

۲- اگر غلظت تعادلی یون هیدرونیوم در محلول استیک اسید در دمای معین برابر با $6 \times 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$ باشد:

(آ) غلظت تعادلی یون استات (CH_3COO^-) را تعیین کنید.

(ب) اگر غلظت تعادلی استیک اسید در این محلول برابر با $2 \times 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$ 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 می شود. ثابت یونش یک اسید، نسبت حاصل ضرب غلظت تعادلی یون های موجود در محلول را به غلظت تعادلی آن اسید نشان می دهد. 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 بزرگ تر باشد، آن اسید بیشتر یونیده شده و غلظت یون های موجود در محلول آن بیشتر است. در واقع در دمای معین هر چه ثابت یونش اسیدی بزرگ تر باشد، آن اسید قوی تر است. جدول زیر ثابت یونش برخی اسیدها را در دمای اتاق نشان می دهد.

جدول ۱- ثابت یونش برخی اسیدها در دمای اتاق

نام اسید	فرمول شیمیایی	ثابت یونش (K_a)	معادله یونش در آب
هیدرویدیک اسید	HI	بسیار بزرگ	$\text{HI(aq)} \rightarrow \text{H}^+(\text{aq}) + \text{I}^-(\text{aq})$
هیدروبرمیک اسید	HBr	بسیار بزرگ	$\text{HBr(aq)} \rightarrow \text{H}^+(\text{aq}) + \text{Br}^-(\text{aq})$
هیدروکلریک اسید	HCl	بسیار بزرگ	$\text{HCl(aq)} \rightarrow \text{H}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$
سولفوریک اسید	H_2SO_4	بسیار بزرگ	$\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{H}^+(\text{aq}) + \text{HSO}_4^-(\text{aq})$
نیتریک اسید	HNO_3	بزرگ	$\text{HNO}_3(\text{aq}) \rightarrow \text{H}^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq})$
نیترو اسید	HNO_2	4.5×10^{-4}	$\text{HNO}_2(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{H}^+(\text{aq}) + \text{NO}_2^-(\text{aq})$
فورمیک اسید	HCOOH	1.8×10^{-4}	$\text{HCOOH(aq)} \rightleftharpoons \text{H}^+(\text{aq}) + \text{HCOO}^-(\text{aq})$
استیک اسید	CH_3COOH	1.8×10^{-5}	$\text{CH}_3\text{COOH(aq)} \rightleftharpoons \text{H}^+(\text{aq}) + \text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq})$
هیدروسیانیک اسید	HCN	4.9×10^{-10}	$\text{HCN(aq)} \rightleftharpoons \text{H}^+(\text{aq}) + \text{CN}^-(\text{aq})$

خود را بیازمایید

۱- 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، K_{a1} و دیگری K_{a2} باشد، ثابت یونش این دو اسید را با یکدیگر مقایسه کنید و پاسخ خود را توضیح دهید.

۲- باران اسیدی حاوی نیتریک اسید و سولفوریک اسید است در حالی که باران معمولی حاوی کربنیک اسید است. با مراجعه به جدول توضیح دهید در کدام باران غلظت یون هیدرونیوم بیشتر است؟ چرا؟ ثابت یونش کربنیک اسید را 4.5×10^{-7} در نظر بگیرید.



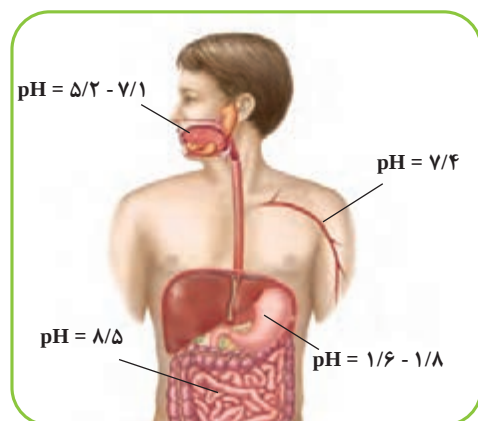
(آ)



(ب)

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 ۸. 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 $pH = 3.7$ غلظت یون هیدرونیوم چقدر است؟ چگونه باید آن را حساب کرد؟

پیوند با ریاضی

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

$$\log_{10} x = \log x$$

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

آیا می دانید

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



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

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

$$\log 2 = 0.30 \rightarrow 2 = 10^{0.30}$$

$$\log \dots = 0.48 \rightarrow \dots = 10^{0.48}$$

$$\log 7 = \dots \rightarrow \dots = 10^{0.85}$$

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

$$\log 21 = ?$$

$$\log 0.8 = ?$$

$$\log ? = 1.85$$

۲- شیمی دان ها کمیت pH را با تابع لگاریتم به صورت زیر بیان می کنند.

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

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

$[H^+]$	pH	خاصیت محلول
3×10^{-9}		
.....	4	
$1/8 \times 10^{-2}$		

۳- دانش آموزی مطابق روند زیر غلظت یون هیدرونیوم را برای شیر ترش شده با $pH = 2/7$ به درستی حساب کرده است. در این روند هر یک از جاهای خالی را با عدد مناسب پر کنید.

$$pH = -\log [H^+] \rightarrow [H^+] = 10^{-\dots} \xrightarrow{pH=2/7} [H^+] = 10^{-\dots} = 10^{-\dots} \times 10^{-3} = \dots$$

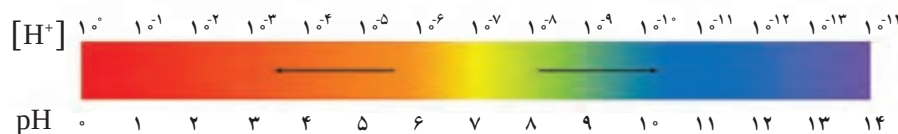
۴- جدول زیر را کامل کنید.

$[H^+]$	pH	خاصیت محلول
.....	2/15	
$3/6 \times 10^{-4}$		
.....	11/4	بازی
.....	0	



● شیر ترش شده، خاصیت اسیدی داشته و $pH < 7$ 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 ° تا ۱۴ بیان می‌شود (نمودار ۲).



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

به نظر شما چرا گستره تغییر pH در محلول‌های آبی و در دمای اتاق از ° 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 برابر است ($[H^+] = [OH^-]$). به همین دلیل چنین سامانه‌هایی، خنثی هستند.

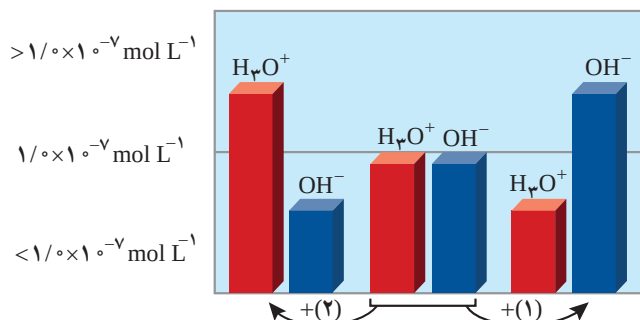
با هم بیندیشیم

۱- 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:

$$[H^+][OH^-] = 10^{-14}$$

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.

۲- 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.

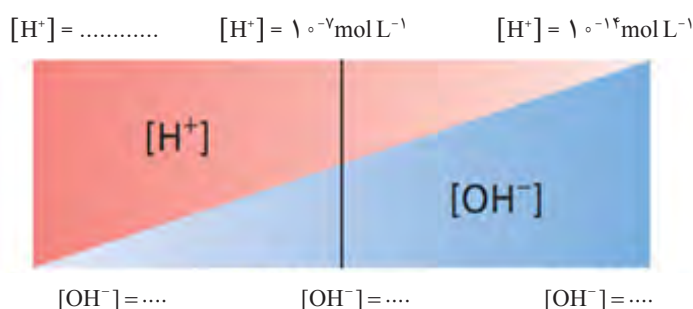


مقدار ثابت این تعادل در دمای اتاق برابر با 1×10^{-14} است.

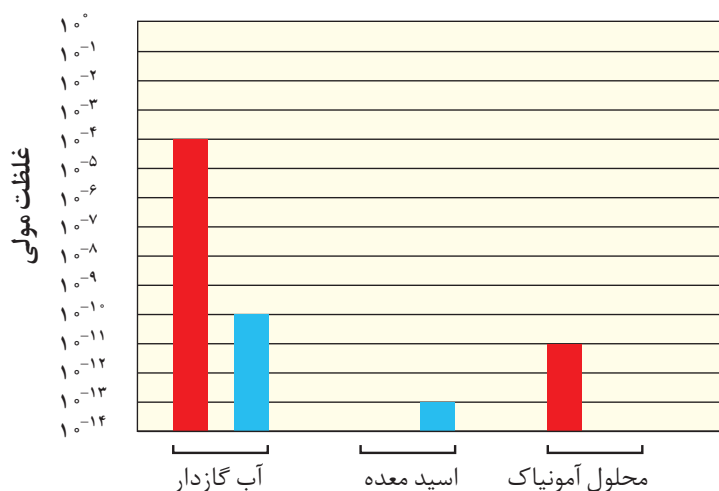
آ) کدام یک از مواد افزوده شده اسید آرنیوس است؟ چرا؟

ب) غلظت یون های هیدرونیوم و هیدروکسید را در محلول بازی با یکدیگر مقایسه کنید.
پ) آیا می توان گفت در محلول های اسیدی، یون هیدروکسید وجود ندارد؟ توضیح دهید.

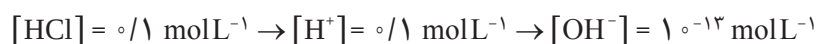
۳- گروهی از دانش آموزان برای نمایش تغییر غلظت یون های هیدرونیوم و هیدروکسید در محلول های آبی و دمای اتاق، الگوی زیر را طراحی کرده اند. جاهای خالی را پر کنید و اساس کار آنها را توضیح دهید.



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



پی بردید که هر اندازه غلظت یکی از یون های هیدرونیوم یا هیدروکسید در محلولی بیشتر شود به همان نسبت از دیگری کاسته خواهد شد، تا حاصل ضرب غلظت این یون ها در دمای اتاق برابر با 10^{-14} شود. با این توصیف برای محلول HCl $10^{-1} \text{ mol L}^{-1}$ می توان نوشت:



خود را بیازمایید

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



(۱)

Cl^-
 H_3O^+



(۲)

CH_3COO^-
 H_3O^+
 CH_3COOH

۲- جدول زیر را کامل کنید.

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