فهرست

فصل اول: مولکول‌ها در خدمت تندرستی

درس اول: بهداشت و پاکیزگی با مولکول‌ها ۸
درس دوم: صابون و پاک‌کنندگی ۲۰
درس سوم: پاک‌کننده‌های جدید ۲۶
درس چهارم: اسیدها و بازها ۳۰
درس پنجم: ثابت تعادل و قدرت اسیدی ۳۷
درس ششم: pH، مقیاسی برای تعیین میزان اسیدی‌بودن ۴۵
درس هفتم: شوینده‌های خورنده ۶۳
پرسش‌های تشریحی ۶۹
پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۷۴
پاسخ‌نامهٔ پرسش‌های تشریحی ۸۶
پاسخ‌نامهٔ پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۹۴

فصل دوم: آسایش و رفاه در سایه شیمی

درس اول: انجام واکنش با سفر الکترون ۱۰۹
درس دوم: موازنهٔ نیم‌واکنش‌ها و واکنش‌های اکسایش ـ کاهش ۱۱۵
درس سوم: واکنش‌های شیمیایی و سفر هدایت‌شدهٔ الکترون‌ها ۱۱۹
درس چهارم: سلول‌های گالوانی ۱۳۲
درس پنجم: سلول سوختی ـ عدد اکسایش ۱۳۱
درس ششم: سلول‌های الکترولیتی و برقکافت ۱۴۱
درس هفتم: خوردگی و حفاظت از آن ۱۴۷
درس هشتم: آبکاری ـ فرایند هال ۱۵۳
پرسش‌های تشریحی ۱۵۷
پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۱۶۳
پاسخ‌نامهٔ پرسش‌های تشریحی ۱۷۵
پاسخ‌نامهٔ پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۱۸۲

فصل سوم: شیمی جلوه‌ای از هنر، زیبایی و ماندگاری

درس اول: مقدمه‌ای بر انواع مواد ـ درصد جرمی ۱۹۸
درس دوم: مواد کووالانسی ۲۰۳
درس سوم: مواد مولکولی ۲۱۰
درس چهارم: مواد یونی ۲۲۳
درس پنجم: شعاع یونی و انرژی فروپاشی شبکه ۲۳۲
درس ششم: مواد فلزی ۲۴۱
درس هفتم: فلزات واسطهٔ رنگی مثل وانادیم و ... ۲۴۷
پرسش‌های تشریحی ۲۵۴
پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۲۶۱
پاسخ‌نامهٔ پرسش‌های تشریحی ۲۷۶
پاسخ‌نامهٔ پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۲۸۴

فصل چهارم: شیمی، راهی به سوی آینده روشن‌تر

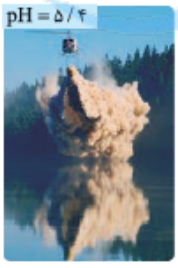
درس اول: هوای پاک ـ انرژی فعال‌سازی ۳۰۲
درس دوم: کاتالیزگر و مبدل‌های کاتالیستی ۳۰۸
درس سوم: ثابت تعادل ۳۱۳
درس چهارم: اصل لوشاتلیه و فرایند هابر ۳۲۸
درس پنجم: فناوری‌های شیمیایی ـ سنتز مولکولی‌های آلی ۳۴۱
درس ششم: تهیهٔ پلی‌اتیلن ترفتالات و بازیافت آن ۳۴۷
پرسش‌های تشریحی ۳۵۴
پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۳۶۳
پاسخ‌نامهٔ پرسش‌های تشریحی ۳۷۹
پاسخ‌نامهٔ پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۳۹۰
پاسخ‌نامهٔ کلیدی ۴۰۹

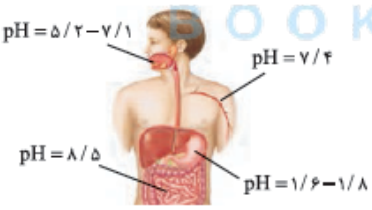
BOOK BANK

درس ششم: pH، مقیاسی برای تعیین میزان اسیدی بودن (صفحه‌های ۲۳ تا ۲۹ کتاب درسی)

به وسیلهٔ کاغذ pH می‌توانیم pH تقریبی محلول‌ها را تعیین کنیم. عملکرد کاغذ pH براساس تغییر رنگ آن در محلول‌های اسیدی و بازی است. مثلاً وقتی کاغذ pH را در یک محلول فرو ببریم، رنگی که به خود می‌گیرد، تعیین‌کنندهٔ pH تقریبی محلول است. همان‌طور که در شکل زیر می‌بینیم قسمت‌های مختلف بدن، پرتقال و نمونه‌ای از آب دریاچه، pHهای متفاوتی دارند.

محلول	pH
معده	۱/۸ - ۱/۶
پرتقال	۳/۲
نمونهٔ آب دریاچه	۵/۴
خون	۷/۴
بزاق دهان	۷/۱ - ۵/۲
رودهٔ کوچک	۸/۵





ما تا این‌جا میزان اسیدی‌بودن را با غلظت یون هیدرونیوم (H^+) بررسی می‌کردیم، پس قطعاً pH باید با غلظت یون H^+ ارتباط داشته باشد. اما چه ارتباطی؟ مثلاً اگر pH معده ۱/۸ باشد، غلظت یون هیدرونیوم در آن چند مول بر لیتر است؟

pH

می‌دانیم که میزان اسیدی‌بودن یک محیط به غلظت یون هیدرونیوم (H^+) بستگی دارد. هر چه غلظت یون H^+ بیشتر باشد، محیط اسیدی‌تر است و برعکس.

از آن‌جا که غلظت یون هیدرونیوم در محیط‌های مختلف معمولاً از نظر عددی، عدد بسیار کوچک و سختی دارد، شیمیدان‌ها از سر تنبلی! برای راحت‌تر تشخیص‌دادن میزان اسیدی‌بودن از کمیتی به نام pH (بخوانید پی اچ) استفاده می‌کنند.

pH رابطهٔ ساده‌ای دارد:

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

مثلاً در محلولی از HF که در آن غلظت یون H^+ برابر $10^{-4}\ mol.L^{-1}$ است، *(می‌بینید که عدد 10^{-4} قیافهٔ عدد کوچیکیه و کارکردن باهاش سخته! ولی)* اگر به جای $[H^+]$ از pH استفاده کنیم با عددهای ساده‌تری سروکار خواهیم داشت. *میگی نه؟ نگاه کن!*

$$[H^+] = 10^{-4}\ mol.L^{-1} \Rightarrow pH = -\log[H^+] = -\log(10^{-4}) = -(-4) = 4$$

همان‌طور که می‌بینیم با استفاده از کمیت pH، با اعداد راحت‌تری سروکار داریم.

نکته اگر در یک محلول، غلظت یون هیدرونیوم برابر ۱ M باشد، pH محلول برابر است با: $pH = -\log[H^+] = -\log 1 = 0$

دقت کردید چی شد؟ وقتی غلظت H^+ برابر ۱ M است pH برابر می‌شود با صفر. ولی وقتی غلظت H^+ کم‌تر و مثلاً برابر 10^{-7} M است، pH برابر ۷ می‌شود.

پس می‌توانیم بگوییم: « **pH با غلظت H^+ رابطهٔ عکس دارد**[1]؛ **یعنی با افزایش غلظت H^+، pH محلول کاهش می‌یابد.**»

بنابراین محلولی که میزان اسیدی‌بودن آن بیشتر باشد، غلظت H^+ در آن بیشتر بوده و pH آن کم‌تر است.

کاهش pH ∝ افزایش $[H^+]$ ∝ افزایش میزان اسیدی بودن

برای محاسبهٔ pH، باید غلظت یون هیدرونیوم ($[H^+]$) را داشته باشیم. در بعضی سؤال‌ها غلظت یون هیدرونیوم را داریم و فقط باید از آن $-\log$ بگیریم. حالا که سروکلهٔ لگاریتم در شیمی هم پیدا شد، بد نیست یادی از قواعد لگاریتم کنیم. (در همهٔ روابط زیر لگاریتم در مبنای ۱۰ فرض شده است.)

$\log a^n = n\log a \rightarrow \log 25 = \log 5^2 = 2\log 5$

$\log(a \times b) = \log a + \log b \rightarrow \log 6 = \log(2\times 3) = \log 2 + \log 3$

$\log(\frac{a}{b}) = \log a - \log b \rightarrow \log\frac{2}{3} = \log 2 - \log 3$

$\log(\frac{1}{a}) = \log a^{-1} = -\log a \rightarrow \log(\frac{1}{2}) = -\log 2$

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

بهتر است لگاریتم چند عدد روبه‌رو را بلد باشیم: $\log 1 = 0$, $\log 10 = 1$, $\log 2 = 0/3$, $\log 3 = 0/48$, $\log 5 = 0/7$, $\log 7 = 0/85$

مثال **غلظت یون هیدرونیوم در چند محلول مختلف داده شده است، pH محلول‌ها را محاسبه کنید.**

آ) $[H^+] = 1\times 10^{-3}\ mol.L^{-1}$ ب) $[H^+] = 6\times 10^{-3}\ mol.L^{-1}$

پ) $[H^+] = 5\times 10^{-5}\ mol.L^{-1}$ ت) $[H^+] = 54\times 10^{-4}\ mol.L^{-1}$

پاسخ آ) $pH = -\log[H^+] = -\log(1\times 10^{-3}) = -\log(10^{-3}) = -(-3) = 3$

ب) $pH = -\log[H^+] = -\log(6\times 10^{-3}) = -\log(2\times 3\times 10^{-3}) = -(\log 2 + \log 3 + \log 10^{-3}) = \overbrace{-(0/3 + 0/48 + (-3))}^{-2/22} = 2/22$

پ) $pH = -\log[H^+] = -\log(5\times 10^{-5}) = -(\log 5 + \log 10^{-5}) = -(0/7 + (-5)) = 4/3$

ت) $pH = -\log[H^+] = -\log(54\times 10^{-4}) = -\log(2\times 27\times 10^{-4}) = -\log(2\times 3^3\times 10^{-4})$

$= -(\log 2 + 3\log 3 + \log 10^{-4}) = \overbrace{-(0/3 + 3(0/48) + (-4))}^{-2/26} = 2/26$

مثال **در نمونه‌ای از عصارهٔ گوجه‌فرنگی، غلظت یون هیدرونیوم برابر با $1/0\times 10^{-4}\ mol.L^{-1}$ است. pH این نمونه را حساب کنید.**

پاسخ غلظت H^+ را داریم، پس کافی است از آن $-\log$ گرفته تا به pH برسیم.

$pH = -\log[H^+] = -\log(1\times 10^{-4}) = -\log 10^{-4} = -(-4) = 4$

مثال **رنگ گل ادریسی به میزان اسیدی‌بودن خاک بستگی دارد. این گل در خاکی که غلظت یون هیدرونیوم آن برابر با $2\times 10^{-5}\ mol.L^{-1}$ است به رنگ آبی اما در خاک دیگری که غلظت یون هیدرونیوم برابر با $4\times 10^{-9}\ mol.L^{-1}$ است به رنگ سرخ شکوفا می‌شود. pH این دو نوع خاک را حساب کنید.** (تمرین دوره‌ای صفحهٔ ۳۴ کتاب درسی)

پاسخ وقتی غلظت یون هیدرونیوم برابر $2\times 10^{-5}\ mol.L^{-1}$ باشد، pH برابر است با:

$pH = -\log[H^+] = -\log 2\times 10^{-5} = -\log 2 + (-\log 10^{-5}) = -0/3 + 5 = 4/7 \xrightarrow{pH<7}$ محیط اسیدی است

زمانی که غلظت یون هیدرونیوم برابر $4\times 10^{-9}\ mol.L^{-1}$ باشد، pH برابر است با:

$pH = -\log[H^+] = -\log 4\times 10^{-9} = -\log 2^2 + (-\log 10^{-9}) = -2(0/3) + 9 = 8/4 \xrightarrow{pH>7}$ محیط بازی است

۱- البته منظورم از رابطهٔ عکس $pH = \frac{1}{[H^+]}$ نیستا!!! مم‌مِنین رابطه‌ای ندارن!

نتیجه‌گیری رنگ گل ادریسی به **میزان اسیدی‌بودن** خاک بستگی دارد، به طوری که اگر خاک **اسیدی** باشد ($pH<7$) به رنگ **آبی** و اگر خاک **بازی** باشد ($pH>7$) به رنگ **سرخ** شکوفا می‌شود.

در بعضی از سؤال‌ها pH محلول را می‌دهند و غلظت یون هیدرونیوم ($[H^+]$) را می‌خواهند. برای حل این سؤال‌ها از رابطهٔ زیر استفاده می‌کنیم:

$$pH=-\log[H^+] \Rightarrow [H^+]=10^{-pH}$$

مثال **با توجه به pH محلول‌های داده‌شده، غلظت یون هیدرونیوم را تعیین کنید.**

آ) $pH=3/52$ ب) $pH=1/3$

پاسخ آ) با توجه به رابطهٔ pH داریم:

$$[H^+]=10^{-pH}=10^{-3/52}$$

برای محاسبهٔ $10^{-3/52}$ اول آن را به صورت $10^{+0/48}\times10^{-4}$ می‌نویسیم. از آن‌جا که می‌دانیم $\log 3=0/48$ است به جای $10^{0/48}$ قرار می‌دهیم $10^{\log 3}$.

$$[H^+]=10^{-3/52}=10^{-4}\times10^{+0/48}=10^{-4}\times10^{\log 3}$$

از طرفی می‌دانیم $10^{\log 3}=3$ است. بنابراین:

$$[H^+]=10^{-4}\times3=3\times10^{-4}=0/0003\ mol.L^{-1}$$

ب) به همین ترتیب داریم:

$$[H^+]=10^{-pH}=10^{-1/3}=10^{-2}\times10^{+0/7}$$

$\log 5=0/7$ است، بنابراین:

$$[H^+]=10^{-2}\times10^{\log 5}=10^{-2}\times5=5\times10^{-2}=0/05\ mol.L^{-1}$$

مثال **pH نمونه‌ای از یک شیر ترش برابر با ۲/۷ است. غلظت یون هیدرونیوم در این نمونه چند مول بر لیتر است؟**

پاسخ غلظت یون هیدرونیوم را می‌توانیم از رابطهٔ روبه‌رو حساب کنیم: $[H^+]=10^{-pH}$

بنابراین داریم:

$$[H^+]=10^{-2/7}=10^{-3}\times10^{+0/3}=10^{-3}\times10^{\log 2}=10^{-3}\times2=2\times10^{-3}=0/002\ mol.L^{-1}$$

اگر کاغذ pH را در آب مقطر وارد کنیم، تغییر رنگ نمی‌دهد. تغییرنکردن رنگ کاغذ pH نشان‌دهندهٔ این است که آب خالص خاصیت اسیدی یا بازی ندارد. ولی اگر خیال کردید که در آب خالص یون‌های هیدرونیوم (H_3O^+) و هیدروکسید (OH^-) وجود ندارند، زهی خیال باطل!

شاید باورتان نشود ولی بررسی شیمیدان‌ها نشان داده است که آب خالص رسانایی الکتریکی ناچیزی دارند، یعنی مولکول‌های آب می‌توانند **یونیده** شوند.

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

خودد‌رگیری آب

مولکول‌های آب به **طور خودبه‌خود** به یون‌های مثبت (H^+) و منفی (OH^-) یونیده می‌شوند. به این واکنش که مولکول‌های آب به طور خودبه‌خود به یون‌های مثبت و منفی یونیده می‌شود، واکنش **خودیونش آب** می‌گوییم.

آب، خوددرگیر اما متعادل:

درست است که مولکول‌های آب به طور خودبه‌خود به یون‌های مثبت و منفی یونیده می‌شوند ولی اگر دقت کرده باشید خودیونش آب، یک واکنش تعادلی است، یعنی مولکول‌های آب تا ابدالدهر به یون‌های H^+ و OH^- یونیده نمی‌شوند، اتفاقاً یونیده‌شدن خیلی کم رخ می‌دهد و خیلی زود به تعادل می‌رسد. از آن‌جا که خود یونش آب یک واکنش تعادلی است مثل همهٔ واکنش‌ها ثابت تعادل دارد.

بررسی‌ها نشان می‌دهد که ثابت تعادل خودیونش آب (K_w) در دمای اتاق برابر با $1\times10^{-14}\ mol^2.L^{-2}$ است.[1]

$$H_2O(l) \rightleftharpoons H^+(aq)+OH^-(aq) \quad , \quad K_w=[H^+][OH^-]=1\times10^{-14}\ mol^2.L^{-2}$$

وقتی آب خالص باشد یعنی یون‌های $H^+(aq)$ و $OH^-(aq)$ غلظت اولیه ندارند، پس با توجه به ثابت تعادل خودیونش آب، می‌توانیم غلظت آن‌ها را حساب کنیم:

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

غلظت اولیه:	۰	۰
غلظت نهایی:	x	x

با توجه به روابط استوکیومتری، از آن‌جا که ضریب استوکیومتری H^+ و OH^- برابر است غلظت یون هیدرونیوم با غلظت یون هیدروکسید برابر است. بنابراین:

$$K_w=[H^+][OH^-],\ [H^+]=[OH^-]$$

اگر در عبارت ثابت تعادل به جای غلظت یون هیدروکسید ($[OH^-]$)، غلظت یون هیدرونیوم را قرار دهیم ($[H^+]$) خواهیم داشت:

$$K_w=[H^+][H^+] \Rightarrow K_w=[H^+]^2 \Rightarrow [H^+]=\sqrt{K_w}=\sqrt{1\times10^{-14}}=1\times10^{-7}\ mol.L^{-1}$$

در نتیجه:

در آب خالص: $[H^+]=[OH^-]=1\times10^{-7}\ mol.L^{-1}$

$$pH=-\log[H^+]=-\log(10^{-7})=7$$

نکته در آب خالص، غلظت یون‌های هیدرونیوم (H^+) و هیدروکسید (OH^-) **با هم برابر** است. در آب خالص: $[H^+]=[OH^-]$

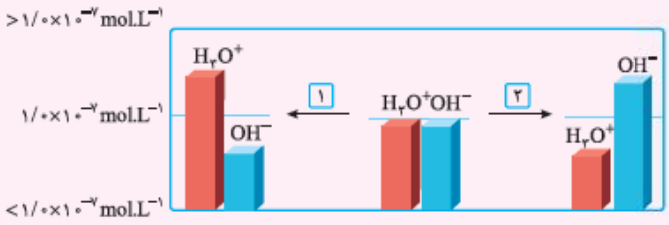
۱- دقت داشته باشید که در دمای اتاق K_w برابر $1\times10^{-14}\ mol^2.L^{-2}$ است. اگر دما تغییر کند مقدار K_w هم تغییر می‌کند.

نکته غلظت یون‌های $H^+(aq)$ و $OH^-(aq)$ در آب خالص کم بوده و در دمای اتاق برابر $1\times10^{-7}\ mol.L^{-1}$ است.

$[H^+]=[OH^-]=1\times10^{-7}\ mol.L^{-1}$: در آب خالص در دمای اتاق

نکته به دلیل برابربودن غلظت یون‌های H^+ و OH^- در آب خالص، آب خالص **خنثی** است.

مثال **شکل روبه‌رو تغییر غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید را هنگام افزودن مواد ۱ و ۲ به آب خالص نشان می‌دهد.** *(خود را بیازمایید صفحهٔ ۲۶ کتاب درسی)*



آ) کدام‌یک از مواد افزوده‌شده، 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.

پاسخ آ) مادهٔ ۱، چون در اثر افزودن آن به آب، غلظت یون هیدرونیوم (H^+) افزایش یافته است.

ب) در یک محلول بازی، غلظت یون هیدروکسید (OH^-) بیشتر از غلظت یون هیدرونیوم (H^+) است.

پ) خیر، با توجه به تعادل خودیونش آب، در هر محلول آب همواره هر دو یون هیدرونیوم (H^+) و هیدروکسید (OH^-) وجود دارند ولی در محلول‌های اسیدی غلظت یون H^+ بیشتر از OH^- بوده و در محلول‌های بازی هم غلظت یون OH^- بیشتر از H^+ است.

مثال **غلظت یون $OH^-(aq)$ در یک محلول آبی در دمای ۲۵ °C برابر با $4/0\times10^{-5}\ mol.L^{-1}$ است. غلظت یون $H^+(aq)$ و pH را در این محلول حساب کنید.**

پاسخ عبارت ثابت یونش آب به صورت مقابل است: $K_w=[H^+][OH^-]$

مقدار $[OH^-]$ و K_w را در این رابطه قرار می‌دهیم: $1/0\times10^{-14}\ mol^2\ L^{-2}=[H^+]\times4/0\times10^{-5}\ mol.L^{-1}$

بنابراین غلظت یون هیدرونیوم در این محلول برابر است با: $[H^+]=2/5\times10^{-10}\ mol.L^{-1}$

با استفاده از غلظت یون هیدرونیوم می‌توانیم pH محلول را حساب کنیم:

$$pH=-\log[H^+]=-\log(2/5\times10^{-10})=-(\log\frac{10^{-9}}{4})$$

$$=-(\log10^{-9}-\log2^2)=-(\log10^{-9}-2\log2)=-\underbrace{((-9)-2\times(0/3))}_{-9/6}=9/6$$

مثال **مورفین ماده‌ای مخدر است که در پزشکی از مقادیر کم و کنترل‌شدهٔ آن برای تسکین درد استفاده می‌شود. pH محلولی از مورفین در دمای ۲۵ °C برابر ۹ است. غلظت $H^+(aq)$ و غلظت $OH^-(aq)$ را در این محلول محاسبه کنید.**

پاسخ اول غلظت H^+ را حساب می‌کنیم: $[H^+]=10^{-pH}=10^{-9}\ mol.L^{-1}$

غلظت OH^- را هم با استفاده از K_w می‌توانیم به دست بیاوریم: $K_w=[H^+][OH^-]\Rightarrow[OH^-]=\frac{K_w}{[H^+]}=\frac{10^{-14}}{10^{-9}}=10^{-5}\ mol.L^{-1}$

گسترهٔ pH

در شیمی دهم خواندیم که گسترهٔ pH در دمای اتاق، شامل اعدادی از صفر تا ۱۴ است. به طوری که در محلول‌های اسیدی pH کم‌تر از ۷ بوده و در محلول‌های بازی pH بیشتر از ۷ است. pH برابر ۷ هم نشان‌دهندهٔ محلول خنثی است.

حالا می‌خواهیم ببینیم که این گستره و عددهای مربوط به هر بازه از کجا آمده. اول برویم سراغ اعداد ابتدا و انتهای گسترهٔ pH؛ یعنی صفر و ۱۴.

عدد صفر: راستش یک قراردادی در شیمی وجود دارد که ابتدای گسترهٔ pH را محلولی اسیدی در نظر می‌گیرند که غلظت H^+ در آن برابر $1\ M$ باشد. بنابراین pH در هم‌چنین محلولی برابر است با: $[H^+]=1\ M\Rightarrow pH=-\log[H^+]=-\log(1)=0$:ابتدای گسترهٔ pH

عدد ۱۴: طبق همین قرارداد، انتهای گسترهٔ pH را محلولی بازی در نظر می‌گیرند که غلظت OH^- در آن $1\ M$ باشد.

$[OH^-]=1M$: انتهای گسترهٔ pH

از آن‌جا که همیشه در آب، تعادل خودیونش برقرار است (آب همیشه با خودش درگیره!) می‌توانیم با استفاده از عبارت ثابت تعادل آن (K_w) غلظت H^+ و در پی آن pH محلول را حساب کنیم. حواسمان هست که در دمای ثابت مقدار K_w تغییر نمی‌کند.

$$K_w=[H^+][OH^-]\Rightarrow10^{-14}=[H^+]\times1\Rightarrow[H^+]=10^{-14}\ M\Rightarrow pH=-\log[H^+]=-\log(10^{-14})=-(-14)=14$$

حالا بریم سراغ محلول‌های اسیدی و بازی: محلول‌هایی با pH کم‌تر از ۷، اسیدی و محلول‌هایی با pH بیشتر از ۷، بازی هستند.

pH کم‌تر از ۷: محلول اسیدی، محلولی است که غلظت H^+ در آن بیشتر از غلظت OH^- باشد.

با توجه به عبارت بالا می‌توانیم بازهٔ pH مربوط به محلول‌های اسیدی را پیدا کنیم. $[H^+]>[OH^-]$: در محلول‌های اسیدی

دو طرف این رابطه را در $[H^+]$ ضرب می‌کنیم: $[H^+][H^+]>[H^+][OH^-]$

از آن‌جا که عبارت $[H^+][OH^-]$ برابر K_w است، به جای آن K_w قرار می‌دهیم: $[H^+]^2>K_w$

می‌دانیم که $[H^+]$ و K_w اعدادی مثبت بوده و K_w برابر 10^{-14} است. پس با جذرگرفتن از دو طرف داریم:

$$[H^+]>\sqrt{10^{-14}} \Rightarrow [H^+]>10^{-7}$$

حالا از دو طرف $-\log$ می‌گیریم. می‌دانیم که با log گرفتن از دو طرف، علامت نامساوی تغییر نمی‌کند ولی با ضرب‌کردن آن‌ها در (-1) علامت نامساوی تغییر می‌کند.

$$\underbrace{-\log[H^+]}_{pH}<\underbrace{-\log(10^{-7})}_{-(-7)} \Rightarrow pH<7$$

بنابراین در محلول‌های اسیدی داریم:

$$[H^+]>[OH^-] \Rightarrow pH<7$$

pH بیشتر از ۷: محلول بازی، محلولی است که در آن غلظت OH^- بیشتر از غلظت H^+ باشد. با استفاده از عبارت بالا بازهٔ pH مربوط به محلول‌های بازی به همان ترتیب قبل به دست می‌آید. $[H^+]<[OH^-]$: در محلول‌های بازی

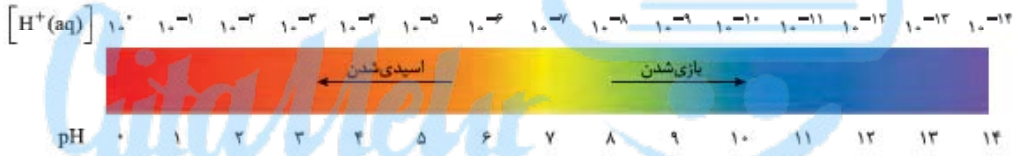
$$\xrightarrow[\text{ضرب می‌کنیم}]{\text{دو طرف را در } [H^+]} [H^+]^2<\underbrace{[H^+][OH^-]}_{K_w} \xrightarrow[K_w=10^{-14}]{\text{از دو طرف جذر می‌گیریم}} [H^+]<\sqrt{10^{-14}}$$

$$\Rightarrow [H^+]<10^{-7} \xrightarrow[\text{(علامت نامساوی تغییر می‌کند.)}]{\text{از دو طرف } -\log \text{ می‌گیریم}} \underbrace{-\log[H^+]}_{pH}>\underbrace{-\log(10^{-7})}_{-(-7)} \Rightarrow pH>7$$

بنابراین در محلول‌های بازی داریم:

$$[H^+]<[OH^-] \Rightarrow pH>7$$

نکته گسترهٔ غلظت یون هیدرونیوم ($[H^+]$) و pH در محلول‌های آبی در دمای اتاق به صورت زیر است.



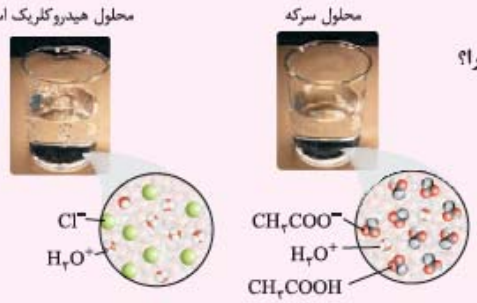
در نمودار بالا، رنگ کاغذ pH را در محیط‌های مختلف می‌بینیم، کاغذ pH در محیط خنثی $(pH=7)$ به رنگ زرد است، در محیط‌های اسیدی به رنگ نارنجی و قرمز بوده و هر چه محیط اسیدی‌تر باشد، رنگ قرمز در آن غالب می‌شود. در محیط‌های بازی هم به رنگ‌های سبز و آبی است و هر چه محیط بازی‌تر باشد، رنگ آبی در آن غالب می‌شود (در pHهای ۱۳ و ۱۴ حتی به رنگ بنفش هم می‌رسه!)

رنگ کاغذ pH در محیط‌های مختلف:
- اسیدی: نارنجی و قرمز
- خنثی: زرد
- بازی: سبز و آبی (آخرش هم بنفش)

مثال **۱- با توجه به نمودار بالا، pH محلول‌های اسیدی، خنثی و بازی را مشخص کنید.**

۲- pH آب خالص چند است؟

۳- در شرایط یکسان از نظر دما و غلظت pH کدام محلول مقابل کوچک‌تر است؟ چرا؟



پاسخ ۱- در محلول‌های اسیدی، pH کم‌تر از ۷، در محلول خنثی pH برابر ۷ و در محلول‌های بازی pH بیشتر از ۷ است.

۲- در آب خالص غلظت یون H_3O^+ با OH^- برابر است. بنابراین pH آب خالص برابر ۷ خواهد بود.

۳- محلول هیدروکلریک اسید، در محلول هیدروکلریک اسید غلظت H_3O^+ بیشتر است، هر چه غلظت H_3O^+ بیشتر باشد محلول اسیدی‌تر بوده و pH کم‌تر است.

می‌دانیم که در هر محلول آبی، همواره تعادل خودیونش آب برقرار است و مقدار ثابت تعادل آن (K_w) در دمای اتاق ثابت است.

$$K_w = [H^+][OH^-]$$

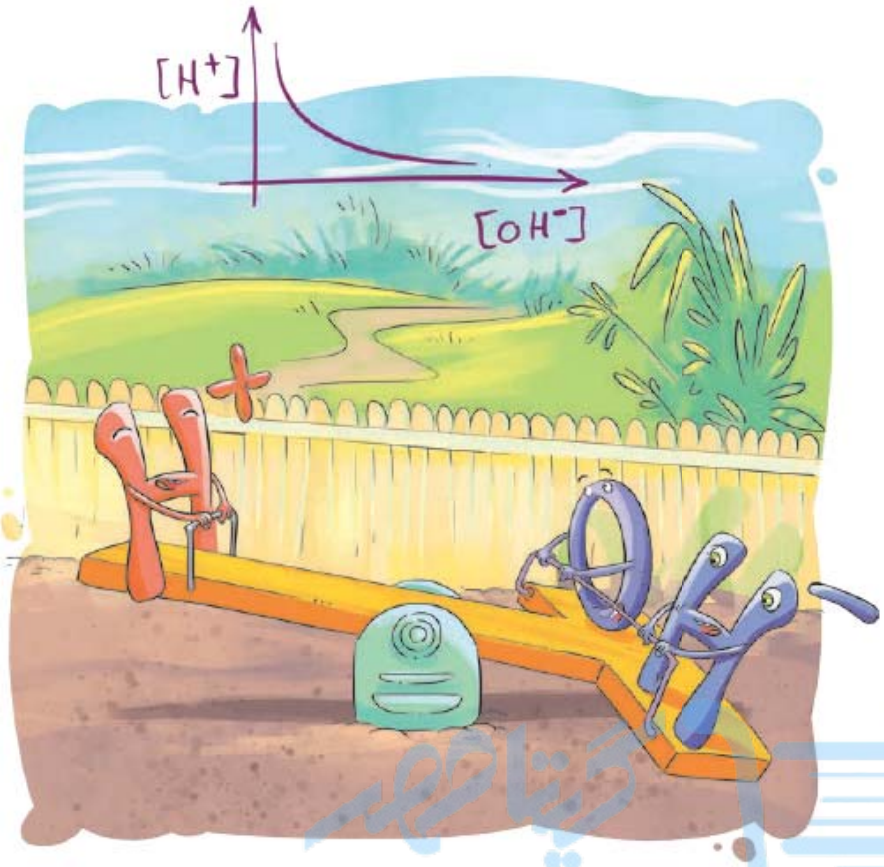
به همین دلیل هر نوع تغییری در غلظت یون H^+ یا OH^- هیچ تأثیری بر مقدار K_w ندارد، یعنی اگر غلظت یون H^+ را افزایش دهیم، غلظت یون OH^- کاهش می‌یابد تا حاصل‌ضرب آن‌ها (K_w) همواره ثابت بماند.

$$\text{کاهش } [OH^-] \propto \text{افزایش } [H^+]$$

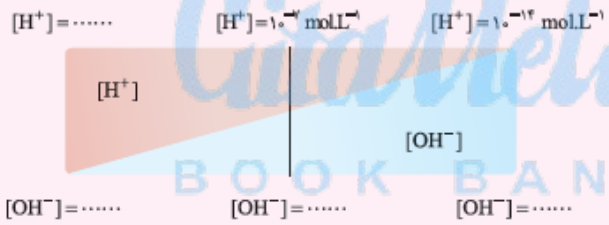
بنابراین می‌توانیم غلظت یون هیدرونیوم ($[H^+]$) را از روی غلظت یون هیدروکسید ($[OH^-]$) حساب کنیم.

$$K_w = [H^+][OH^-]$$

$$\Rightarrow [H^+] = K_w \times \frac{1}{[OH^-]}$$



مثال **گروهی از دانش‌آموزان برای نمایش تغییر غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید در محلول‌های آبی و دمای اتاق، الگوی مقابل را طراحی کردند. جاهای خالی را پر کنید و اساس کار آن‌ها را توضیح دهید.** *(با هم بیندیشیم صفحهٔ ۲۶ کتاب درسی)*



پاسخ با توجه به رابطهٔ زیر، از آن‌جا که حاصل‌ضرب $[H^+]$ در $[OH^-]$ همواره در دمای اتاق عدد ثابتی است، هر چه غلظت H^+ افزایش یابد، غلظت OH^- کاهش می‌یابد و برعکس.

$$K_w = [H^+][OH^-] = ۱۰^{-۱۴}$$

بنابراین اگر غلظت H^+ خیلی کم و برابر $۱۰^{-۱۴}$ مولار باشد، غلظت OH^- برابر می‌شود با:

$$K_w = [H^+][OH^-] = ۱۰^{-۱۴} \Rightarrow ۱۰^{-۱۴} \times [OH^-] = ۱۰^{-۱۴} \Rightarrow [OH^-] = ۱\,M$$

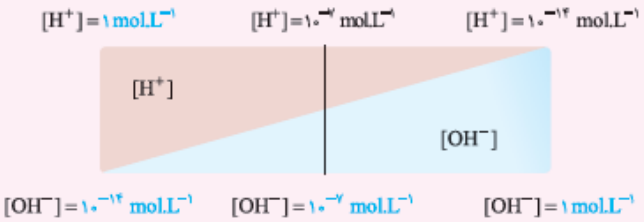
اگر غلظت H^+ برابر $۱۰^{-۷}$ مولار باشد:

$$K_w = [H^+][OH^-] = ۱۰^{-۱۴} \Rightarrow ۱۰^{-۷} \times [OH^-] = ۱۰^{-۱۴} \Rightarrow [OH^-] = ۱۰^{-۷}\,M$$

حالا اگر غلظت OH^- خیلی کم و برابر $۱۰^{-۱۴}$ باشد، غلظت H^+ برابر است با:

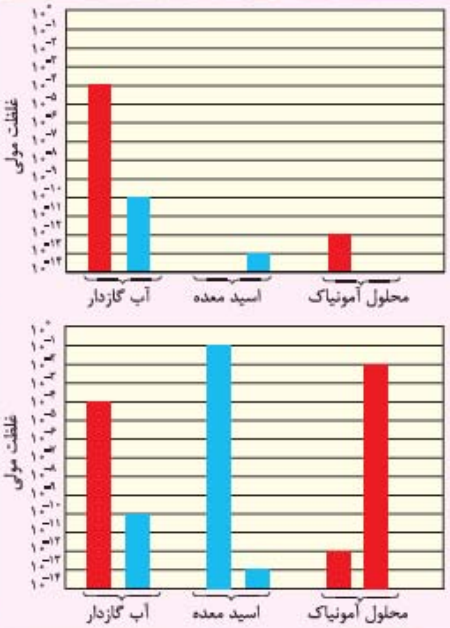
$$[H^+][OH^-] = ۱۰^{-۱۴} \Rightarrow [H^+] \times ۱۰^{-۱۴} = ۱۰^{-۱۴} \Rightarrow [H^+] = ۱\,M$$

بنابراین الگوی بالا به این شکل کامل می‌شود.



مثال در نمودار مقابل، برای محلول آمونیاک، ستون نشان‌دهندهٔ غلظت یون هیدروکسید و برای اسید معده ستون نشان‌دهندهٔ غلظت یون هیدرونیوم را رسم کنید.

(با هم بیندیشیم صفحهٔ ۲۷ کتاب درسی)



پاسخ با توجه به رابطهٔ خودیونش آب در دمای اتاق داریم:

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

پس غلظت یون هیدرونیوم (H^+) برای اسید معده برابر است با:

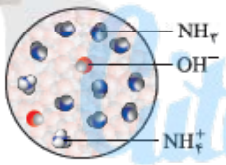
$$[H^+] = \frac{10^{-14}}{[OH^-]} = \frac{10^{-14}}{10^{-13}} = 10^{-1} = 0/1\,M$$

غلظت یون هیدروکسید (OH^-) برای محلول آمونیاک برابر است با:

$$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-12}} = 10^{-2} = 0/01\,M$$

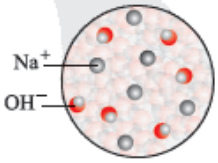
بازها محلول‌هایی با $7 < pH < 14$[1]

وقتی یک باز در آب حل می‌شود، غلظت یون هیدروکسید (OH^-) را افزایش می‌دهد و باعث می‌شود که غلظت OH^- بیشتر از H^+ شود. ($[OH^-] > [H^+]$) به همین دلیل pH محلول بازها در دمای اتاق بین ۷ تا ۱۴ است.



بازهای معروفی مثل سود سوزآور (سدیم هیدروکسید NaOH) و پتاس سوزآور (پتاسیم هیدروکسید KOH)، بسیار قوی هستند، آن‌قدر قوی که جزء مواد خورنده به حساب می‌آیند. بازهای قوی در آب به طور کامل یونیده شده و OH^- تولید می‌کنند. $NaOH(aq) \rightarrow Na^+(aq) + OH^-(aq)$

ولی بعضی از بازها مثل آمونیاک (NH_3) باز ضعیف هستند و در آب به طور جزئی یونیده می‌شوند و در محلول آن‌ها علاوه بر مقدار کمی یون هیدروکسید (OH^-) مقدار زیادی مولکول‌های آمونیاک حل‌شده وجود دارد.



در کتاب درسی معادلهٔ یونش بازهای ضعیف دو مرحله در نظر گرفته شده است. به این صورت که مثلاً برای آمونیاک اول NH_3 با آب واکنش می‌دهد (حل می‌شود).

(۱) $NH_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_4OH(aq)$

بعد NH_4OH در آب یونیده شده و یون هیدروکسید (OH^-) تولید می‌کند.

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

ولی بد نیست بدانید که در محلول آبی آمونیاک NH_4OH نداریم و معادلهٔ یونش NH_3 به صورت زیر است:

$$NH_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$$

این واکنش تعادلی هم مثل بقیه ثابت تعادل دارد، به ثابت تعادل بازها، ثابت یونش باز گفته و آن را با K_b نشان می‌دهیم. و از آن‌جا که H_2O در این معادله مایع (l) است و غلظت مواد مایع در دمای ثابت تغییر نمی‌کند، در رابطهٔ ثابت یونش بازها، H_2O ظاهر نمی‌شود. بنابراین:

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

هر چه K_b برای یک باز بزرگ‌تر باشد، غلظت یون هیدروکسید (OH^-) بیشتر شده و باز قوی‌تر است.

۱- کتاب درسی تیتر این قسمت رو این‌جوری آورده ولی درستش اینه که بگیم $7 < pH \leq 14$. از ما نشنیده بگیرید ولی محلول‌های اسیدی با pH کم‌تر از صفر و محلول‌های بازی با pH بیشتر از ۱۴ هم داریم. آگه گفتین چه‌جوری؟

رابطهٔ بین $[OH^-]$، M_b و K_b

برای بازها هم می‌توانیم ثابت یونش (K_b) را برحسب غلظت یون‌ها بنویسیم. اگر یک باز را به طور کلی با فرمول BOH نمایش دهیم، خواهیم داشت:

$$BOH(aq) \rightleftharpoons B^+(aq) + OH^-(aq)$$

غلظت اولیه:	M_b	۰	۰
تغییر غلظت:	$-x$	$+x$	$+x$
غلظت نهایی:	$M_b - x$	x	x

$$\Rightarrow K_b = \frac{[B^+][OH^-]}{[BOH]} = \frac{x^2}{M_b - x}$$

برای بازهای ضعیف ($\alpha < ۰/۰۵$ یا $K_b < ۱۰^{-۵}$) می‌توانیم از x در مقابل M_b صرف‌نظر کنیم و رابطهٔ تقریبی K_b را به صورت زیر بنویسیم:

رابطهٔ تقریبی: $K_b = \frac{x^2}{M_b}$

رابطهٔ تقریبی: $K_b = \frac{[OH^-]^2}{M_b}$ ، رابطهٔ دقیق: $K_b = \frac{[OH^-]^2}{M_b - [OH^-]}$ $(K_b > ۱۰^{-۵}$ یا $\alpha > ۰/۰۵)$

- اگر در تستی، مقدار **دقیق** یک کمیت را با توجه به رابطهٔ بالا خواستند، از رابطهٔ **دقیق** استفاده می‌کنیم ولی اگر بر محاسبهٔ **تقریبی** تأکید کردند می‌توانیم از **رابطهٔ تقریبی** استفاده کنیم.

رابطهٔ بین α، M_b و K_b

اگر درجهٔ یونش آن برابر α باشد، داریم:

$$\alpha = \frac{\text{غلظت یونیده‌شده}}{\text{غلظت حل‌شده}} \Rightarrow \alpha = \frac{x}{M_b} \Rightarrow x = [OH^-] = \alpha M_b$$

بنابراین می‌توانیم K_b را برحسب α و M_b بنویسیم:

$$K_b = M\frac{\alpha^2 M_b^2}{C_b - \alpha M_b} = \frac{\alpha^2 M_b}{۱ - \alpha}$$

نکته برای بازهای ضعیف ($\alpha < ۰/۰۵$ یا $K_b < ۱۰^{-۵}$) معمولاً می‌توانیم از α در مقابل ۱ صرف‌نظر کنیم، پس رابطهٔ تقریبی K_b به صورت زیر درمی‌آید.

رابطهٔ تقریبی: $K_b = \alpha^2 M_b$

رابطهٔ تقریبی: $K_b = \alpha^2 M_b$ ، رابطهٔ دقیق: $K_b = \frac{\alpha^2 M_b}{۱ - \alpha}$ $(K_b > ۱۰^{-۵}$ یا $\alpha > ۰/۰۵)$

اگر صورت تست مقدار **دقیق** یک کمیت را خواست از **رابطهٔ دقیق** استفاده کرده و اگر **مقدار تقریبی** را خواست از **رابطهٔ تقریبی** استفاده می‌کنیم.

نکته این‌جا هم با توجه به رابطهٔ $K_b = \alpha^2 M_b$، در دمای معین چون K_b ثابت است، هر چه غلظت یک باز بیشتر شود (M_b بیشتر)، درجهٔ یونش آن کاهش می‌یابد (α کم‌تر).

$$M_b \uparrow \rightarrow \alpha \downarrow \Leftarrow K_b = \alpha^2 M_b \Rightarrow \text{ثابت}$$

تست **اگر ۰/۹ گرم از باز ضعیف BOH (s) با جرم مولی ۴۵ گرم بر مول و درصد تفکیک ۳٪ به ۱۰۰ میلی‌لیتر آب اضافه شود، غلظت یون هیدروکسید و ثابت یونش بازی برحسب مول بر لیتر به تقریب کدام است؟**

۱) $۳/۶\times۱۰^{-۴}$ ـ ۰/۰۰۳ ۲) $۳/۶\times۱۰^{-۴}$ ـ ۰/۰۰۶ ۳) $۱/۸\times۱۰^{-۴}$ ـ ۰/۰۰۳ ۴) $۱/۸\times۱۰^{-۴}$ ـ ۰/۰۰۶

پاسخ اول غلظت باز BOH را حساب می‌کنیم.

$$n_{BOH} = \frac{۰/۹}{۴۵}\text{g} \times \frac{۱\text{mol}}{\text{g}} = ۰/۰۲\text{ mol} \quad , \quad V = ۱۰۰\text{mL} \times \frac{۱\text{L}}{۱۰۰۰\text{mL}} = ۰/۱\text{L}$$

$$M_b = \frac{۰/۰۲\text{ mol}}{۰/۱\text{L}} = ۰/۲\text{ mol.L}^{-۱}$$

بنابراین غلظت یون هیدروکسید برابر است با:

$$[OH^-] = \alpha M_b = ۰/۰۳ \times ۰/۲ = ۰/۰۰۶\text{ mol.L}^{-۱}$$

و هم‌چنین ثابت یونش بازی به طور تقریبی برابر می‌شود با:

$$K_b = \alpha^2 M_b = (۰/۰۳)^2 \times ۰/۲ = ۹\times۱۰^{-۴} \times ۰/۲ = ۱/۸\times۱۰^{-۴}\text{ mol.L}^{-۱}$$

گزینهٔ ۴ درست است.

اگر در محلولی از آمونیاک، غلظت OH^- برابر $۱۰^{-۴}$ مول بر لیتر باشد، pH آن برابر است با:

$$[OH^-] = ۱۰^{-۴} \, , \, [H^+][OH^-] = ۱۰^{-۱۴} \Rightarrow [H^+]\times۱۰^{-۴} = ۱۰^{-۱۴}$$

$$\Rightarrow [H^+] = ۱۰^{-۱۰} \Rightarrow pH = -\log[H^+] = -\log(۱۰^{-۱۰}) = ۱۰$$

در محلول ۱ مولار سدیم هیدروکسید، غلظت OH^- برابر با ۱ مولار خواهد بود، چون یونیده‌شدن به طور کامل انجام می‌شود.

$$NaOH \xrightarrow{\text{در آب}} Na^+(aq) + OH^-(aq)$$

غلظت اولیه:	۱M	۰	۰
غلظت نهایی:	۰	۱M	۱M

بنابراین pH آن برابر است با:

$$[OH^-] = 1M \Rightarrow [H^+][OH^-] = 10^{-14} \Rightarrow [H^+] \times 1 = 10^{-14} \Rightarrow [H^+] = 10^{-14}$$

$$\Rightarrow pH = -\log[H^+] = -\log(10^{-14}) = 14$$

پس تابلوه که هر چه غلظت یون هیدروکسید ($[OH^-]$) بیشتر باشد، pH محلول بزرگ‌تر بوده و به ۱۴ نزدیک‌تر است.

- بازها در زندگی روزانهٔ ما کاربردهای خیلی زیادی دارند، مثلاً همین محلول‌های شیشه‌پاک‌کن یا بعضی از لوله‌بازکن‌ها محلول‌های بازی هستند.

مثال **شکل‌های مقابل رسانایی الکتریکی دو محلول بازی را نشان می‌دهند. با توجه به آن به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.** *(خود را بیازمایید صفحه ۲۹ کتاب درسی)*

آ) کدام محلول نشان‌دهندهٔ باز ضعیف‌تری است؟ چرا؟

ب) پیش‌بینی کنید کدام محلول می‌تواند به عنوان لوله‌بازکن استفاده شود؟ چرا؟

(۲) (۱)

پاسخ آ) محلول (۲). از آن‌جا که رسانایی محلول (۲) ضعیف‌تر است می‌فهمیم که یون‌های کمی در محلول وجود داشته و باز به میزان کمی یونیده شده است، پس باز ضعیف است.

ب) محلول (۱). چون رسانایی محلول (۱) زیاد است، یعنی باز قوی در محلول وجود دارد و از آن‌جا که بازهای قوی خورنده هستند می‌توانند موادی که باعث گرفتگی لوله‌ها شده‌اند را بخورند و لوله‌ها را باز کنند.

BOOK BANK

تا حالا در سؤال‌هایی که برای محاسبهٔ pH محلول بررسی می‌کردیم، $[H^+]$ یا $[OH^-]$ را به ما می‌دادند. ولی زندگی همیشه هم آن‌قدر شیرین نیست! بعضی وقت‌ها باید غلظت H^+ یا OH^- را خودمان حساب کنیم.

محاسبهٔ pH اسیدهای قوی

اسیدهای قوی در آب به طور کامل یونیده شده و یون هیدرونیوم (H^+) تولید می‌کنند، مثلاً هیدروکلریک اسید، یک اسید قوی است. وقتی HCl را در آب بریزیم به طور کامل به یون‌های هیدرونیوم و کلرید یونیده می‌شود. اگر غلظت اولیهٔ HCl، M_a مول بر لیتر باشد، با توجه به روابط استوکیومتری می‌توانیم بنویسیم:

$$HCl(aq) \rightarrow H^+(aq) + Cl^-(aq)$$

غلظت اولیه (پیش از یونش):	M_a	۰	۰
غلظت نهایی (پس از یونش):	۰	M_a	M_a

بنابراین:

$$[H^+] = [HCl]_{\text{اولیه}} = M_a \, mol.L^{-1} \;,\; pH = -\log[H^+] = -\log M_a$$ در اسیدهای قوی

نکته اسیدهای قوی را تک‌ظرفیتی در نظر می‌گیریم، مگر این‌که در صورت سؤال ذکر شود که اسید چند ظرفیتی است.

مثال **pH محلولی از هیدروکلریک اسید در آب، در دمای ۲۵ °C برابر ۲ است.**

آ) غلظت اولیهٔ HCl این محلول چه‌قدر بوده است؟

ب) غلظت $OH^-(aq)$ در این محلول را محاسبه کنید.

پاسخ آ) اگر غلظت اولیهٔ هیدروکلریک اسید M_a مول بر لیتر باشد، داریم:

$$HCl(aq) \rightarrow H^+(aq) + OH^-(aq)$$

غلظت اولیه: M_a ۰ ۰

غلظت نهایی: ۰ M_a M_a

$$\Rightarrow [H^+] = M_a \ mol.L^{-1}$$

بنابراین داریم:

$$pH = ۲ \Rightarrow [H^+] = ۱۰^{-pH} = ۱۰^{-۲} \ M \Rightarrow M_a = [HCl]_{اولیه} = ۱۰^{-۲} \ mol.L^{-1}$$

ب) غلظت OH^- را می‌توانیم با استفاده از رابطهٔ زیر به دست بیاوریم:

$$[H^+][OH^-] = ۱۰^{-۱۴} \Rightarrow [OH^-] = \frac{۱۰^{-۱۴}}{[H^+]} = \frac{۱۰^{-۱۴}}{۱۰^{-۲}} = ۱۰^{-۱۲} \ mol.L^{-1}$$

در تست زیر که در سال ۹۶ مطرح شده بود، خود سؤال اشاره کرده بود که اسید را دوظرفیتی در نظر بگیرید.

تست **غلظت گوگرد در یک نمونه گازوئیل برابر ۶۴۰۰ ppm است. با فرض سوختن کامل گوگرد در موتور و تبدیل گاز حاصل به سولفوریک اسید در آب، اسید حاصل از سوختن یک کیلوگرم از این سوخت می‌تواند pH آب خالص یک مخزن ۱۰۰۰ لیتری را به تقریب چند واحد کاهش دهد؟ (در شرایط آزمایش، هر دو مرحلهٔ یونش اسید را کامل فرض کنید $(S = ۳۲ , O = ۱۶ , H = ۱ : g.mol^{-1})$** *(سراسری ریاضی ۹۶)*

۱) ۳/۶ ۲) ۴/۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ با توجه به موازنهٔ عنصر گوگرد (S) به ازای ۱ مول از S در نهایت ۱ مول $H_۲SO_۴$ تولید خواهد شد. $۱\underline{S} \rightarrow ۱H_۲\underline{S}O_۴$. بنابراین تعداد مول $H_۲SO_۴$ حاصل از سوختن ۱ کیلوگرم سوخت برابر است با:

$$۱ \ kg \text{ گازوئیل} \times \frac{۱۰۰۰ \ g}{۱ \ kg} \times \frac{\overset{۲۰۰}{\cancel{۶۴۰۰} \ gS}}{\underbrace{۱۰^۶ \ g \text{ گازوئیل}}_{ppm \text{ غلظت}}} \times \frac{۱ \ mol S}{\underset{۱}{\cancel{۳۲}} \ gS} \times \frac{۱ \ mol H_۲SO_۴}{۱ \ mol S} = ۰/۲ \ mol H_۲SO_۴$$

غلظت نهایی $H_۲SO_۴$ در مخزن ۱۰۰۰ لیتری برابر است با:

$$[H_۲SO_۴] = \frac{n}{V} = \frac{۰/۲}{۱۰۰۰} = ۲ \times ۱۰^{-۴} \ mol.L^{-1}$$

با توجه به فرض سؤال هر دو مرحلهٔ یونش اسید را کامل فرض می‌کنیم. پس داریم:

$$H_۲SO_۴ \rightarrow SO_۴^{۲-} + ۲H^+$$

غلظت اولیه: ۲×۱۰^{-۴} ۰ ۰

غلظت نهایی: ۰ ۲×۱۰^{-۴} ۴×۱۰^{-۴}

بنابراین pH محلول نهایی برابر می‌شود با:

$$pH = -\log[H^+] = -\log(۴ \times ۱۰^{-۴}) = -(\log ۴ + \log ۱۰^{-۴}) = -(۲\log ۲ + \log ۱۰^{-۴}) = -(۲(۰/۳) + (-۴)) = ۳/۴$$

دقت کنید که سؤال، کاهش pH را خواسته است. pH از ۷ در آب خالص به ۳/۴ رسیده است. پس ۳/۶ کاهش یافته است. **گزینهٔ ۱ درست است.**

نکته اگر سؤال تغییر pH را نسبت به آب خالص از ما خواست، با فرض دمای ۲۵ °C، pH آب خالص را ۷ در نظر می‌گیریم.

تست **با افزودن یک میلی‌لیتر محلول ۱۰ مولار هیدروکلریک اسید به یک لیتر آب خالص، غلظت تقریبی محلول به دست آمده با یکای ppm چه‌قدر است؟ و pH آن کدام است؟ $(HCl = ۳۶/۵ \ g.mol^{-1} , d_{محلول} = ۱ \ g.mL^{-1})$** *(سراسری ریاضی ۹۶ با تغییر)*

۱) ۳۶۵ و ۳ ۲) ۳۶۵ و ۲ ۳) ۳۶/۵ و ۲ ۴) ۳۶/۵ و ۳

پاسخ وقتی چگالی برابر $۱ \ g.mL^{-1}$ در نظر گرفته شود. غلظت ppm را می‌توانیم معادل mg حل‌شونده در ۱ لیتر محلول در نظر بگیریم. بنابراین کافی است تا mg HCl را به دست بیاوریم.

$$۱ \ mL \ HCl \times \frac{۱ \ L}{\cancel{۱۰۰۰} \ mL} \times \frac{۱۰ \ mol HCl}{۱ \ L \ HCl} \times \frac{۳۶/۵ \ g \ HCl}{۱ \ mol HCl} \times \frac{\cancel{۱۰۰۰} \ mg}{۱ \ g} = ۳۶۵ \ mg$$

پس تا این‌جا ③ و ④ پر!

حجم محلول نهایی برابر ۱ لیتر است، پس غلظت HCl در محلول نهایی برابر تعداد مول آن است.

$$۱ \ mL \ HCl \times \frac{۱ \ L}{۱۰۰۰ \ mL} \times \frac{۱۰ \ mol HCl}{۱ \ L \ HCl} = ۱۰^{-۲} \ mol$$

بنابراین pH محلول برابر است با:

$$[H^+] = [HCl] = ۱۰^{-۲} \ mol.L^{-1} \Rightarrow pH = -\log ۱۰^{-۲} = ۲$$

گزینهٔ ۲ درست است.

محاسبهٔ pH بازهای قوی

بازهای قوی در آب به طور کامل یونیده می‌شوند و یون هیدروکسید (OH^-) تولید می‌کنند.

نکته یک تفاوتی که بازهای قوی دارند این است که بعضی از بازهای قوی چندظرفیتی هستند، به همین دلیل در محاسبهٔ غلظت OH^- باید به ظرفیت باز هم توجه کنیم.

وقتی باز قوی $X(OH)_b$ را در آب بریزیم به طور کامل به یون‌های OH^- و X^{b+} یونیده می‌شود. اگر غلظت اولیهٔ باز $X(OH)_b$ ، M_b مول بر لیتر باشد، با توجه به روابط استوکیومتری داریم:

$$X(OH)_b(aq) \xrightarrow{\text{در آب}} X^{b+}(aq) + bOH^-(aq)$$

	$X(OH)_b$	X^{b+}	OH^-
غلظت اولیه:	M_b	۰	۰
غلظت نهایی:	۰	M_b	bM_b

بنابراین:

در بازهای قوی: $[OH^-] = bM_b$

با توجه به غلظت OH^- و رابطهٔ آن با $[H^+]$ می‌توانیم غلظت H^+ و در پی آن pH محلول را حساب کنیم:

$$[H^+][OH^-] = ۱۰^{-۱۴} \Rightarrow [H^+] = \frac{۱۰^{-۱۴}}{[OH^-]}$$

مثال pH محلول $۵\times۱۰^{-۲}\ mol.L^{-۱}$ باریم هیدروکسید $Ba(OH)_۲$ در آب را حساب کنید. *(نهایی ۸۵)*

پاسخ باریم هیدروکسید یک باز دوظرفیتی است بنابراین داریم:

$$Ba(OH)_۲(aq) \xrightarrow{\text{در آب}} Ba^{۲+}(aq) + ۲OH^-(aq)$$

	$Ba(OH)_۲$	$Ba^{۲+}$	OH^-
غلظت اولیه:	۰/۰۵	۰	۰
غلظت نهایی:	۰	۰/۰۵	$۲\times۰/۰۵$

بنابراین:

$$[OH^-] = ۲\times۰/۰۵ = ۰/۱\ mol.L^{-۱}$$

با توجه به رابطهٔ روبه‌رو داریم:

$$[H^+][OH^-] = ۱۰^{-۱۴} \Rightarrow [H^+] = \frac{۱۰^{-۱۴}}{[OH^-]} = \frac{۱۰^{-۱۴}}{۰/۱} = ۱۰^{-۱۳}\ mol.L^{-۱}$$

$$\Rightarrow pH = -\log[H^+] = -\log(۱۰^{-۱۳}) = -(-۱۳) = ۱۳$$

مثال اگر در ۱۰۰ میلی‌لیتر از یک محلول، ۰/۰۲ مول از پتاسیم هیدروکسید وجود داشته باشد، pH‌سنج دیجیتال، چه عددی را برای این محلول نشان می‌دهد؟

پاسخ اول غلظت اولیهٔ KOH را حساب می‌کنیم:

$$n_{KOH} = ۰/۰۲\ mol, V = ۱۰۰\ mL = ۰/۱\ L$$

$$[KOH]_{\text{اولیه}} = \frac{۰/۰۲\ mol}{۰/۱\ L} = ۰/۲\ mol.L^{-۱}$$

KOH باز قوی بوده و به طور کامل در آب یونیده می‌شود. بنابراین:

$$KOH(aq) \rightarrow K^+(aq) + OH^-(aq)$$

	KOH	K^+	OH^-
غلظت اولیه:	۰/۲	۰	۰
غلظت نهایی:	۰	۰/۲	۰/۲

غلظت OH^- برابر با ۰/۲ مول بر لیتر می‌شود پس pH محلول برابر می‌شود با:

$$[H^+][OH^-] = ۱۰^{-۱۴} \rightarrow [H^+] = \frac{۱۰^{-۱۴}}{[OH^-]} = \frac{۱۰^{-۱۴}}{۰/۲} = ۵\times۱۰^{-۱۴}\ mol.L^{-۱}$$

$$pH = -\log[H^+] = -\log(۵\times۱۰^{-۱۴}) = -\log(۵) - \log(۱۰^{-۱۴}) = (-۰/۷) + ۱۴ = ۱۳/۳$$

تست مقداری فلز آلومینیم در یک ظرف دارای ۲ لیتر محلول ۱ مولار سدیم هیدروکسید انداخته شده و طبق معادلهٔ (موازنه‌نشده): $Al(s) + H_۲O(l) + OH^-(aq) \rightarrow Al(OH)_۴^-(aq) + H_۲(g)$. وارد واکنش شده است. اگر سرعت متوسط تولید گاز $H_۲$ برابر $۵۰\ mL.s^{-۱}$ باشد، pH محلول در ثانیهٔ چندم پس از آغاز واکنش، به ۱۳ می‌رسد؟ (حجم مولی گازها در شرایط واکنش، برابر ۲۵ L است. فرض کنید فراوردهٔ محلول در آب، خاصیت بازی چندانی ندارد.) *(سراسری تجربی ۹۷)*

۱) ۱۵۰ ۲) ۶۷۵ ۳) ۱۱۰۰ ۴) ۱۳۵۰

پاسخ تعداد مول اولیه OH^- برابر است با:

$$2\,L\,NaOH \times \frac{1\,mol\,NaOH}{1\,L\,NaOH} \times \frac{1\,mol\,OH^-}{1\,mol\,NaOH} = 2\,mol\,OH^-$$

وقتی pH برابر ۱۳ باشد، غلظت H^+ و در پی آن غلظت OH^- برابر است با:

$$[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-13} \Rightarrow [OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-13}} = 0/1\ mol.L^{-1}$$

بنابراین تعداد مول ثانویه OH^- برابر می‌شود با:

$$[OH^-] = \frac{n}{V} \Rightarrow 0/1 = \frac{n_{OH^-}}{2} \Rightarrow n_{OH^-} = 0/2\ mol$$

با توجه به معادلهٔ موازنه‌شده و روابط استوکیومتری داریم:

	$2Al$	$+\ 6H_2O$	$+\ 2OH^-$	$\rightarrow$	$2\,Al(OH)_4^-$	$+\ 3H_2$
مول اولیه (t_1):			2			0
مول نهایی (t_2):			0/2			?

۱/۸ مول OH^- مصرف شده است، پس تعداد مول H_2 تولیدشده برابر است با:

$$1/8\,mol\,OH^- \times \frac{3\,mol\,H_2}{2\,mol\,OH^-} = 2/7\,mol\,H_2$$

با توجه به حجم مولی گازها در این شرایط، حجم گاز H_2 تولیدی به دست می‌آید.

$$2/7\,mol\,H_2 \times \frac{25\,L\,H_2}{1\,mol\,H_2} \times \frac{1000\,mL}{1\,L} = 27\times25\times100\,mL\,H_2$$

حالا با توجه به سرعت تولید گاز هیدروژن، می‌توانیم t_2 را حساب کنیم:

$$\overline{R}_{(H_2)} = \frac{\text{حجم } H_2 \text{ تولیدی}}{\text{زمان تولید}} \Rightarrow 50\,mL.s^{-1} = \frac{27\times25\times100}{(t_2 - 0)} \Rightarrow t_2 = \frac{27\times\cancel{25}\times100}{\cancel{50}_2} = \frac{\cancel{27}^{13/5}\times100}{\cancel{2}} = 1350\,s$$

گزینهٔ ۴ درست است.

تست **یک نوع ماهی می‌تواند در pH بین ۶ تا ۸ زنده بماند. اگر حجم آب آکواریوم نگه‌داری این ماهی، ۲۰ L بوده و در حالت خنثی باشد، افزودن کدام مورد، سبب مرگ ماهی می‌شود؟** *(سراسری ریاضی ۹۷ با تغییر)*

۱) ۲۰ میلی‌لیتر محلول 10^{-3} مولار هیدروبرمیک اسید
۲) ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول 10^{-4} مولار هیدروکلریک اسید
۳) ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول ۰/۰۱ مولار سدیم هیدروکسید
۴) ۵۰ میلی‌لیتر محلول 8×10^{-5} مولار باریم هیدروکسید

پاسخ باید pH حاصل از افزودن هر گزینه را حساب کنیم. اگر pH خارج از محدودهٔ ۶ تا ۸ باشد، سبب مرگ ماهی می‌شود. با اضافه‌کردن ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول ۰/۰۱ مولار سدیم هیدروکسید، 10^{-3} مول NaOH اضافه کرده‌ایم:

$$100\,mL\,NaOH \times \frac{1\,L}{1000\,mL} \times \frac{0/01\,mol\,NaOH}{1\,L\,NaOH} = 10^{-3}\,mol\,NaOH$$

می‌توانیم از حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر اضافه شده در مقابل ۲۰ لیتر حجم آب آکواریوم صرف‌نظر کنیم، بنابراین غلظت NaOH در محلول نهایی برابر است با:

$$M_{NaOH} = \frac{n}{V_{\text{نهایی}}} = \frac{10^{-3}\,mol}{20\,L} = \frac{1}{2}\times10^{-4} = 5\times10^{-5}\,mol.L^{-1}$$

بنابراین غلظت OH^- و pH این محلول برابر می‌شود با:

$$NaOH(s) \xrightarrow{\text{در آب}} Na^+(aq) + OH^-(aq)$$

غلظت نهایی:		5×10^{-5}	5×10^{-5}

$$[OH^-] = 5\times10^{-5} \Rightarrow [H^+] = \frac{10^{-14}}{[OH^-]} = \frac{10^{-14}}{5\times10^{-5}} = 2\times10^{-10}\ mol.L^{-1}$$

$$\Rightarrow pH = -\log[H^+] = -\log(2\times10^{-10}) = -(\log2 + \log10^{-10}) = -(0/3 + (-10)) = 9/7$$

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) تعداد مول HBr برابر است با:

$$20\,mL\,HBr \times \frac{1\,L}{1000\,mL} \times \frac{10^{-3}\,mol\,HBr}{1\,L\,HBr} = 2\times10^{-5}\,mol\,HBr$$

غلظت نهایی HBr:

$$M_{HBr} = \frac{n}{V} = \frac{2\times10^{-5}}{20} = 10^{-6}\ mol.L^{-1}$$

$[H^+]$ و pH:

$$[H^+] = [HBr]_{\text{اولیه}} = 10^{-6}\ mol.L^{-1} \Rightarrow pH = -\log10^{-6} = 6$$

۲) تعداد مول HCl:

$$100\,mL\,HCl \times \frac{1\,L}{1000\,mL} \times \frac{10^{-4}\,mol\,HCl}{1\,L\,HCl} = 10^{-5}\,mol\,HCl$$

غلظت نهایی HCl:

$$M_{HCl} = \frac{n}{V} = \frac{10^{-5}}{20} = 5\times10^{-7}\ mol.L^{-1}$$

$[H^+]$ و pH:

$$[H^+] = [HCl]_{\text{اولیه}} = 5\times10^{-7} \Rightarrow pH = -\log(5\times10^{-7}) = -(\log5 + \log10^{-7}) = -(0/7 + (-7)) = 6/3$$

④ تعداد مول $Ba(OH)_2$:

$$50\ mL\ Ba(OH)_2 \times \frac{1\ L}{1000\ mL} \times \frac{8\times10^{-5}\ mol\ Ba(OH)_2}{1\ L\ Ba(OH)_2} = 4\times10^{-6}\ mol\ Ba(OH)_2$$

غلظت نهایی $Ba(OH)_2$:

$$M_{Ba(OH)_2} = \frac{n}{V} = \frac{4\times10^{-6}}{20} = 2\times10^{-7}\ mol.L^{-1}$$

$[OH^-]$ و pH:

$$[OH^-] = 2\times[Ba(OH)_2]_{\text{اولیه}} = 2\times2\times10^{-7} = 4\times10^{-7} \Rightarrow [H^+] = \frac{10^{-14}}{[OH^-]} = \frac{10^{-14}}{4\times10^{-7}} = \frac{10^{-7}}{4}\ mol.L^{-1}$$

$$pH = -\log(\frac{10^{-7}}{4}) = -(\log10^{-7} - \log4) = -(\log10^{-7} - 2\log2) = -((-7) - 2(0/3)) = 7/6$$

گزینهٔ ۳ درست است.

محاسبهٔ pH اسیدهای ضعیف

اسیدهای ضعیف در آب به طور جزئی یونیده می‌شوند به طوری که یونیده‌شدن آن‌ها را با کمیتی به نام درجهٔ یونش α بررسی می‌کردیم. اگر غلظت اولیه یک اسید ضعیف مثل HA برابر M_a و درجهٔ یونش آن برابر α باشد با توجه به معادلهٔ یونش جزئی آن، داریم:

	$HA(aq)$	$\rightleftharpoons$	$H^+(aq)$	+	$A^-(aq)$
غلظت اولیه (حل‌شده):	M_a		0		0
غلظت یونیده‌شده:	$-x$		$+x$		$+x$
غلظت نهایی:	$M_a - x$		x		x

با توجه به رابطهٔ α داریم:

$$\alpha = \frac{\text{غلظت یونیده‌شده}}{\text{غلظت کل حل‌شده}} \Rightarrow \alpha = \frac{x}{M_a} \Rightarrow x = [H^+] = \alpha M_a$$

بنابراین می‌توانیم در معادلهٔ یونش اسید ضعیف HA به جای x قرار دهیم αM_a.

	$HA(aq)$	$\rightleftharpoons$	$H^+(aq)$	+	$A^-(aq)$
غلظت اولیه:	M_a		0		0
غلظت یونیده‌شده:	$-\alpha M_a$		$+\alpha M_a$		$+\alpha M_a$
غلظت نهایی:	$M_a(1-\alpha)$		αM_a		αM_a

بنابراین:

در اسیدهای ضعیف $\rightarrow [H^+] = \alpha M_a$

بعد از محاسبهٔ $[H^+]$ می‌توانیم به راحتی، pH محلول را هم حساب کنیم.

نکته همهٔ اسیدهای ضعیف را به صورت تک‌ظرفیتی در نظر می‌گیریم.

نکته دقت داشته باشید که α در این روابط درجهٔ یونش است نه درصد یونش! پس اگر درصد یونش را به شما دادند، اول آن را بر ۱۰۰ تقسیم کنید و بعد در این روابط قرار دهید.

مثال جدول زیر را کامل کنید. *(خود را بیازمایید صفحهٔ ۲۸ کتاب درسی)*

نام محلول	غلظت محلول (مولار)	$[H^+]$	$[OH^-]$	pH	درصد یونش
هیدروکلریک اسید	۰/۰۰۴	.....	.....	.....	.....
هیدروفلوئوریک اسید	۰/۰۰۴	.....	.....	.....	۲/۵
نیتریک اسید	.....	.....	.....	۳/۷	.....
نمونه‌ای از آب یک دریاچه		.....	.....	۱۰/۵۲	

پاسخ ردیف ۱: HCl اسید قوی است، بنابراین: درصد یونش $(\alpha\%) = 100\%$

$$[H^+] = M_a = 0/004\ M\ ,\ [H^+][OH^-] = 10^{-14} \rightarrow [OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H^+]} = \frac{10^{-14}}{0/004} = 2/5\times10^{-12}\ M$$

$$pH = -\log[H^+] = -\log(4\times10^{-3}) = -\log4 - \log(10^{-3}) = \underbrace{-2\log2}_{-0/6} + 3 = 2/4$$

ردیف ۲: HF اسید ضعیف است با درصد یونش ۲/۵٪، پس:

$$\alpha = \frac{\%\alpha}{100} = 2/5\times10^{-2}$$

$$[H^+] = \alpha M_a = 2/5\times10^{-2}\times0/004 = 1\times10^{-4}\ M\ ,\ [H^+][OH^-] = 10^{-14} \rightarrow [OH^-] = \frac{10^{-14}}{1\times10^{-4}} = 10^{-10}\ M$$

$$pH = -\log[H^+] = -\log(10^{-4}) = 4$$

ردیف ۳: نیتریک اسید، اسید قوی است. پس در آن α برابر ۱ بوده و α٪ برابر ۱۰۰٪ است. از آن‌جا که pH در آن برابر ۳/۷ است، پس $[H^+]$ برابر است با:

$$[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-3/7} = 10^{-4} \times 10^{+0/3} = 10^{-4} \times 2 = 2 \times 10^{-4}\ M$$

با توجه به رابطهٔ $[H^+] = M_a$ برای اسیدهای قوی، غلظت اولیهٔ HNO_3 هم، 2×10^{-4} مولار بوده است.

$$[H^+][OH^-] = 10^{-14} \Rightarrow [OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H^+]} = \frac{10^{-14}}{2 \times 10^{-4}} = 5 \times 10^{-11}\ M$$

ردیف ۴:

$$[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-10/52} = 10^{-11} \times 10^{+0/48} = 10^{-11} \times 3 = 3 \times 10^{-11}\ M$$

$$[H^+][OH^-] = 10^{-14} \Rightarrow [OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H^+]} = \frac{10^{-14}}{3 \times 10^{-11}} = 3/33 \times 10^{-4}\ M$$

پس جدول موردنظر به صورت زیر تکمیل می‌شود.

نام محلول	غلظت محلول	$[H^+]$	$[OH^-]$	pH	درصد یونش
هیدروکلریک اسید	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	$2/5 \times 10^{-12}$	۲/۴	۱۰۰
هیدروفلوئوریک اسید	۰/۰۰۴	1×10^{-4}	1×10^{-10}	۴	۲/۵
نیتریک اسید	2×10^{-4}	2×10^{-4}	5×10^{-11}	۳/۷	۱۰۰
نمونه‌ای از آب یک دریاچه		3×10^{-11}	$3/33 \times 10^{-4}$	۱۰/۵۲	

تست pH محلول $2 \times 10^{-4}\ mol.L^{-1}$ هیدروکلریک اسید، چند برابر pH محلولی از یک اسید ضعیف HA با غلظت $0/005\ mol.L^{-1}$ و درصد تفکیک یونی ۰/۲ درصد است؟ *(سراسری تجربی ۸۹)*

۱) ۰/۷۴ ۲) ۰/۸۵ ۳) ۱/۲۵ ۴) ۲/۱۵

پاسخ اول pH محلول HCl را حساب می‌کنیم:

$$[H^+] = M_a = 2 \times 10^{-4} \Rightarrow pH = -\log[H^+] = -\log(2 \times 10^{-4}) = -\log 2 - \log 10^{-4} = -0/3 + 4 = 3/7$$

غلظت H^+ در اسید ضعیف HA برابر است با:

$$\%\alpha = \%0/2 \Rightarrow \alpha = 2 \times 10^{-3},\ [H^+] = \alpha M_a = 2 \times 10^{-3} \times 0/005 = 10^{-5}\ mol.L^{-1}$$

بنابراین pH آن برابر ۵ است:

$$pH = -\log[H^+] = -\log(10^{-5}) = 5$$

نسبت pH محلول HCl به pH محلول HA برابر است با:

$$\frac{3/7}{5} = \frac{7/4}{10} = 0/74$$

$\frac{10}{2}$

گزینهٔ ۱ درست است.

تست اگر pH محلول اسید ضعیف HA که در هر میلی‌لیتر آن $2/5 \times 10^{-7}$ مول از آن وجود دارد، برابر ۵ باشد، درصد تفکیک یونی آن در شرایط آزمایش، کدام است؟ *(سراسری ریاضی ۹۵)*

۱) ۰/۴ ۲) ۰/۲ ۳) ۴ ۴) ۲

پاسخ اول غلظت محلول HA را حساب می‌کنیم:

$$[HA] = \frac{2/5 \times 10^{-7}\ mol}{0/001\ L} = 2/5 \times 10^{-4}\ mol.L^{-1}$$

اگر pH برابر ۵ باشد غلظت H^+ در آن برابر 10^{-5} خواهد بود.

$$[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-5}\ mol.L^{-1}$$

بنابراین به سادگی درجهٔ یونش حساب می‌شود:

$$[H^+] = \alpha M_a \Rightarrow 10^{-5} = \alpha \times 2/5 \times 10^{-4} \Rightarrow \alpha = \frac{10^{-5}}{2/5 \times 10^{-4}} = 4 \times 10^{-2} \Rightarrow (\%\alpha) = \alpha \times 100 = \text{درصد یونش} = \%4$$

گزینهٔ ۳ درست است.

تست اگر مقدار α برای اسید HA برابر ۱۰٪ باشد، pH محلول چند مولار آن، برابر ۳ است و مقدار K_a آن با یکای $mol.L^{-1}$، به تقریب کدام است؟ *(سراسری ریاضی ۹۶)*

۱) 9×10^{-2} ، $1/11 \times 10^{-6}$ ۲) 1×10^{-2} ، $1/11 \times 10^{-6}$ ۳) 9×10^{-3} ، $1/11 \times 10^{-4}$ ۴) 1×10^{-2} ، $1/11 \times 10^{-4}$

پاسخ وقتی pH برابر ۳ باشد، غلظت H^+ برابر 10^{-3} است. پس غلظت اولیهٔ اسید (M_a) برابر خواهد بود با:

$$[H^+] = \alpha M_a \Rightarrow 10^{-3} = 0/1 \times M_a \Rightarrow M_a = 10^{-2}\ mol.L^{-1}$$

تا این‌جا ① و ③ می‌پره!

BOOK BANK

برای محاسبهٔ K_a، کافی است تا غلظت‌های تعادلی گونه‌ها را در عبارت ثابت یونش اسید جای‌گذاری کنیم:

$$HA(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + A^-(aq)$$

غلظت اولیه: ۰/۰۱ ۰ ۰

تغییر غلظت: $-۰/۰۰۱$ $+۰/۰۰۱$ $+۰/۰۰۱$

غلظت نهایی: ۹×۱۰^{-۳} ۱×۱۰^{-۳} ۱×۱۰^{-۳}

$$K_a=\frac{[H^+][A^-]}{[HA]}=\frac{(۱\times۱۰^{-۳})\times(۱\times۱۰^{-۳})}{۹\times۱۰^{-۳}}=\left(\frac{۱}{۹}\right)^{۰/۱}\times۱۰^{-۳}=۱/۱۱\times۱۰^{-۴}\ mol.L^{-۱}$$

گزینهٔ ۴ درست است.

محاسبهٔ pH بازهای ضعیف

بازهای ضعیف به طور جزئی در آب یونیده می‌شوند. اگر غلظت اولیهٔ باز ضعیف تک‌ظرفیتی BOH برابر M_b و درجهٔ یونش آن برابر α باشد، داریم:

$$BOH(aq) \rightleftharpoons B^+(aq) + OH^-(aq)$$

غلظت اولیه (حل‌شده): M_b ۰ ۰

تغییر غلظت (غلظت یونیده‌شده): $-x$ $+x$ $+x$

غلظت نهایی: M_b-x x x

با توجه به رابطهٔ α داریم:

$$\alpha=\frac{\text{غلظت یونیده‌شده}}{\text{غلظت کل حل‌شده}} \Rightarrow \alpha=\frac{x}{M_b} \Rightarrow x=[OH^-]=\alpha M_b$$

بنابراین:

در بازهای ضعیف: $[OH^-]=\alpha M_b$

بعد از محاسبهٔ $[OH^-]$ می‌توانیم $[H^+]$ و در پی آن pH را حساب کنیم.

$$[H^+]=\frac{K_w}{[OH^-]}=\frac{۱۰^{-۱۴}}{[OH^-]} \Rightarrow pH=-\log[H^+]$$

تست به تقریب چند گرم از باز ضعیف $BOH(s)$ $(M=۸۰\ g.mol^{-۱})$ با درصد تفکیک ۲٪ باید به ۲۵۰ mL آب اضافه شود تا محلولی با pH = ۱۱ به دست آید؟ (سراسری ریاضی ۹۳)

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۴ ۴) ۸

پاسخ pH برابر ۱۱ است؛ یعنی:

$$[H^+]=۱۰^{-pH}=۱۰^{-۱۱}\ mol.L^{-۱} \Rightarrow [OH^-]=\frac{۱۰^{-۱۴}}{[H^+]}=\frac{۱۰^{-۱۴}}{۱۰^{-۱۱}}=۱۰^{-۳}\ mol.L^{-۱}$$

در باز ضعیف، درصد تفکیک برابر ۲٪ است، یعنی α برابر ۰/۰۲ است، پس داریم:

$$[OH^-]=\alpha M_b \Rightarrow ۱۰^{-۳}=۰/۰۲\times M_b \Rightarrow M_b=\frac{۱۰^{-۳}}{۰/۰۲}=\frac{۱}{۲۰}\ mol.L^{-۱}$$

حال می‌توانیم جرم BOH را به ازای ۲۵۰ میلی‌لیتر محلول حساب کنیم:

$$\text{جرم مولی } BOH = ۸۰\ g/mol\ ,\ \text{حجم محلول} = \frac{۱}{۴}L$$

$$?\ g\ BOH=\frac{۱}{۴}L\times\frac{۱}{۲۰}\frac{mol}{L}\times\frac{۸۰\ g\ BOH}{۱\ mol}=۱\ g\ BOH$$

گزینهٔ ۱ درست است.

محاسبهٔ pH پس از رقیق یا غلیظ‌کردن محلول اسید قوی یا باز قوی

در بعضی از سؤال‌ها، معمولاً یک اسید قوی یا باز قوی را با تغییر مقدار آب، رقیق یا غلیظ می‌کنند. برای محاسبهٔ pH محلول نهایی می‌توانیم فرایندهای رقیق‌کردن و غلیظ‌کردن را جداگانه بررسی کنیم.

آ) رقیق‌کردن: هر چه محلول یک اسید قوی را رقیق‌تر کنیم، غلظت یون هیدرونیوم (H^+) در آن کاهش یافته و بنابراین pH افزایش می‌یابد.

هر چه محلول یک باز قوی را رقیق‌تر کنیم، غلظت یون هیدروکسید (OH^-) در آن کاهش یافته و pH محلول کاهش می‌یابد.

نکته رابطهٔ pH با غلظت H^+ یا OH^- رابطهٔ لگاریتمی در مبنای ۱۰ است، بنابراین:

اگر محلول یک اسید قوی را ۱۰^n بار رقیق کنیم، غلظت H^+ آن ۱۰^n بار کم‌تر شده و pH آن n واحد بیشتر می‌شود.

$$[H^+]=۱۰^{-x} \Rightarrow pH=-\log۱۰^{-x}=x \xrightarrow{۱۰^n\text{ بار رقیق‌تر}} [H^+]=\frac{۱۰^{-x}}{۱۰^n}=۱۰^{-x-n}$$

$$\Rightarrow pH=-\log۱۰^{-x-n}=x+n \Rightarrow \Delta pH=+n$$

اگر محلول یک باز قوی را 10^n بار رقیق کنیم، غلظت OH^- آن 10^n بار کم‌تر شده و pH آن n واحد کم‌تر می‌شود.

$$[OH^-]=10^{-x} \Rightarrow [H^+]=10^{-14+x} \Rightarrow pH=-\log 10^{-14+x}=14-x \xrightarrow{\text{رقیق‌تر } 10^n} [OH^-]=\frac{10^{-x}}{10^n}=10^{-x-n}$$

$$\Rightarrow [H^+]=10^{-14+x+n} \Rightarrow pH=-\log 10^{-14+x+n}=14-x-n \Rightarrow \Delta pH=-n$$

اگر حال و حوصله نداری که از روابط بالا حساب و کتاب کنی، می‌تونی خیلی راحت از نکتهٔ پایین استفاده کنی.

نکته اگر محلول‌های اسید قوی یا باز قوی را 10^n بار رقیق کنیم، pH محلول n واحد **به ۷ نزدیک می‌شود.** مثلاً اگر محلول HNO_3 را 10^n بار رقیق کنیم، pH آن n واحد زیاد شده و به ۷ نزدیک می‌شود.

ب) غلیظ‌کردن: غلیظ‌کردن دقیقاً برعکس رقیق‌کردن است.

با غلیظ‌کردن محلول اسید قوی، غلظت یون هیدرونیوم (H^+) بیشتر شده و pH کاهش می‌یابد. اگر محلول یک اسید قوی 10^n بار غلیظ شود، غلظت $[H^+]$ آن 10^n بار بیشتر شده و pH آن n واحد کم‌تر می‌شود.

$$[H^+]=10^{-x} \Rightarrow pH=-\log 10^{-x}=x \xrightarrow{\text{غلیظ‌تر } 10^n} [H^+]=10^{-x}\times 10^n=10^{-x+n} \Rightarrow pH=-\log 10^{-x+n}=x-n$$

$$\Delta pH=-n$$

با غلیظ‌کردن محلول باز قوی، غلظت یون هیدروکسید (OH^-) بیشتر شده و pH آن افزایش می‌یابد. اگر محلول یک باز قوی را 10^n بار غلیظ کنیم غلظت OH^- آن 10^n بار بیشتر شده و pH آن n واحد افزایش می‌یابد.

$$[OH^-]=10^{-x} \Rightarrow [H^+]=10^{-14+x} \Rightarrow pH=-\log 10^{-14+x}=14-x \xrightarrow{\text{غلیظ‌تر } 10^n} [OH^-]=10^{-x}\times 10^n=10^{-x+n}$$

$$\Rightarrow [H^+]=10^{-14+x-n} \Rightarrow pH=-\log 10^{-14+x-n}=14-x+n \Rightarrow \Delta pH=+n$$

نکته اگر محلول‌های اسید قوی یا باز قوی را 10^n بار غلیظ کنیم، pH محلول آن n واحد **از ۷ دور می‌شود.** مثلاً اگر محلول NaOH را 10^n بار غلیظ کنیم، pH آن n واحد زیاد شده و به ۷ دور می‌شود.

نکته برای محاسبهٔ تغییر pH، اول مرتبهٔ رقیق یا غلیظ شدن را به صورت 10^n می‌نویسیم، بعد pH آن را n واحد را تغییر می‌دهیم. مثلاً اگر یک محلول ۲بار رقیق شده باشد، اول عدد ۲ را به صورت $10^{0/3}$ می‌نویسیم و بعد pH را از ۰/۳ به ۷ نزدیک می‌کنیم.

مرتبهٔ رقیق یا غلیظ شدن	10^n	10^2	۵ $(10^{0/7}$ یا $)$	۲ $(10^{0/3}$ یا $)$
تغییر pH	n	۲	۰/۷	۰/۳

نکته همهٔ این روابط فقط برای اسید قوی یا باز قوی کاربرد دارد.

تست **اگر به حجم معینی از محلول ۰/۲ مولار سدیم هیدروکسید، همان حجم آب مقطر اضافه شود، pH آن از ..... به ..... می‌رسد که برابر pH محلول ..... مولار آن است.** *(سراسری ریاضی ۸۹)*

۱) ۱۳/۷ ـ ۱۲/۷ ـ ۰/۰۱ ۲) ۱۳/۷ ـ ۱۲/۷ ـ ۰/۱ ۳) ۱۳/۳ ـ ۱۲/۳ ـ ۰/۰۱ ۴) ۱۳/۳ ـ ۱۳ ـ ۰/۱

پاسخ سدیم هیدروکسید (NaOH) باز قوی است. بنابراین غلظت OH^- در محلول آن برابر است با: $[OH^-]=M_b=0/2\ mol.L^{-1}$

$$\Rightarrow [H^+]=\frac{10^{-14}}{[OH^-]}=\frac{10^{-14}}{0/2}=5\times 10^{-14} \Rightarrow pH=-\log(5\times 10^{-14})=-\log 5-\log 10^{-14}=-0/7+14=13/3$$

وقتی به همان حجم آب مقطر اضافه کنیم یعنی حجم ۲ برابر یا $10^{0/3}$ برابر می‌شود. بنابراین pH باز به اندازهٔ ۰/۳ کم می‌شود. (به ۷ نزدیک می‌شود.)

$$\xrightarrow{\text{رقیق‌شدن در بازها}} \Delta pH=-n \Rightarrow \Delta pH=-0/3 \xrightarrow{\text{برابر } 10^n} pH_2=13$$

اگر pH برابر ۱۳ باشد غلظت محلول سدیم هیدروکسید برابر است با:

$$pH=13 \Rightarrow [H^+]=10^{-pH}=10^{-13} \Rightarrow [OH^-]=\frac{10^{-14}}{[H^+]}=\frac{10^{-14}}{10^{-13}}=0/1 \xrightarrow{[OH^-]=bM_b} M_b=0/1\ mol.L^{-1}$$

راه دررو: اگر این سؤال را از آخر به اول حل می‌کردیم می‌دیدیم که فقط ④ *می‌تونه جواب باشه*، چون:

بررسی ① و ③: $M_b=0/01 \Rightarrow [OH^-]=bM_b=1\times 0/01 \Rightarrow [H^+]=\frac{10^{-14}}{0/01}=10^{-12} \Rightarrow pH=12$ ✗

بررسی ② و ④: $M_b=0/1 \Rightarrow [OH^-]=bM_b=1\times 0/1 \Rightarrow [H^+]=\frac{10^{-14}}{0/1}=10^{-13} \Rightarrow pH=13 \Rightarrow$ **گزینهٔ ۴ درست است.**

رابطهٔ بین $[H^+]$ و K_a و هم‌چنین رابطهٔ بین $[H^+]$ و pH را جداگانه بررسی کردیم. در بعضی از سؤال‌ها برای یک اسید ضعیف K_a را می‌دهند و pH را می‌خواهند. برای حل این سؤال‌ها:

۱) با توجه به رابطهٔ K_a، $[H^+]$ و M_a، غلظت H^+ را حساب می‌کنیم. (یا تقریبی یا دقیق. با توجه به صورت سؤال)

$(K_a < 10^{-5}$ یا $\alpha < 0/05)$ **رابطهٔ تقریبی**: $K_a = \frac{[H^+]^2}{M_a}$ ، $(K_a > 10^{-5}$ یا $\alpha > 0/05)$ **رابطهٔ دقیق**: $K_a = \frac{[H^+]^2}{M_a - [H^+]}$

۲) بعد با استفاده از غلظت H^+، pH را حساب می‌کنیم.

تست pH تقریبی محلول $0/1\ mol.L^{-1}$ اسید ضعیف HA با $K_a = 10^{-5}$، کدام است؟ (سراسری ریاضی ۹۱)

۱) ۲ ۲) ۳ ۳) ۴ ۴) ۵

پاسخ صورت تست گفته است pH تقریبی! پس از رابطهٔ تقریبی غلظت H^+ را حساب می‌کنیم.

$$K_a \simeq \frac{[H^+]^2}{M_a} \Rightarrow 10^{-5} = \frac{[H^+]^2}{0/1} \Rightarrow [H^+]^2 = 10^{-6} \Rightarrow [H^+] = 10^{-3}\ mol.L^{-1}$$

حالا pH برابر است با:

$$pH = -\log[H^+] = -\log 10^{-3} = 3$$

گزینهٔ ۲ درست است.

تست pH محلول $0/2\ mol.L^{-1}$ اسید ضعیف HA که K_a آن برابر 10^{-1} مول بر لیتر است، کدام است؟

۱) ۵/۷ ۲) ۱ ۳) ۱/۲۵ ۴) ۱/۷

پاسخ صورت سؤال حرفی از تقریب نزد، پس باید به طور دقیق غلظت H^+ را حساب کنیم.

$$K_a = \frac{[H^+]^2}{M_a - [H^+]} \Rightarrow 10^{-1} = \frac{x^2}{0/2 - x} \Rightarrow 0/02 - 0/1x = x^2 \Rightarrow x^2 + 0/1x - 0/02 = 0$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{\Delta}}{2a} \begin{cases} x = \frac{-0/1 + \sqrt{0/1^2 - 4 \times (1) \times (-0/02)}}{2} = \frac{-0/1 + 0/3}{2} = 0/1 \ \checkmark \\ x = \frac{-0/1 - \sqrt{0/1^2 - 4 \times (1) \times (-0/02)}}{2} = \text{منفی} \ \times \end{cases}$$

$$\Rightarrow x = [H^+] = 0/1\ mol.L^{-1}$$

حالا به راحتی pH را به دست می‌آوریم:

$$pH = -\log[H^+] = -\log 10^{-1} = 1$$

گزینهٔ ۲ درست است.

در بعضی سؤال‌ها هم K_a و pH را می‌دهد و ما باید M_a، یا مواردی که مربوط به M_a است را حساب کنیم.

تست چند گرم تری کلرو اتانوییک اسید (Cl_3CCOOH) $(K_a \simeq 2/5 \times 10^{-1}\ mol.L^{-1})$ را باید در یک لیتر آب حل کرد تا pH محلول به ۱ برسد؟ $(Cl = 35/5, O = 16, C = 12, H = 1 : g.mol^{-1})$

۱) ۶/۵۴ ۲) ۸/۱۷ ۳) ۱۶/۳۵ ۴) ۲۲/۸۹

پاسخ pH برابر ۱ است، بنابراین:

$$[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-1}\ mol.L^{-1}$$

حالا با استفاده از رابطهٔ دقیق بین $[H^+]$، K_a و M_a غلظت اولیهٔ اسید را حساب می‌کنیم.

$$K_a = \frac{[H^+]^2}{M_a - [H^+]} \Rightarrow 2/5 \times 10^{-1} = \frac{(10^{-1})^2}{M_a - 10^{-1}} \Rightarrow 0/25 = \frac{0/01}{M_a - 0/1}$$

$$\Rightarrow 0/25M_a - 0/025 = 0/01 \Rightarrow 0/25M_a = 0/035 \Rightarrow M_a = 0/035 \times 4 = 0/14\ mol.L^{-1}$$

حالا با توجه به جرم مولی تری‌کلرو اتانوییک اسید (Cl_3CCOOH)، جرم آن را حساب می‌کنیم.

جرم مولی $Cl_3CCOOH = 3(35/5) + 2(12) + 2(16) + 1(1) = 163/5\ g.mol^{-1}$

$$1\ L \text{ محلول} \times \frac{0/14\ mol\ Cl_3CCOOH}{1\ L} \times \frac{163/5\ g\ Cl_3CCOOH}{1\ mol\ Cl_3CCOOH} = 0/14 \times 163/5 = 22/89\ g\ Cl_3CCOOH$$

گزینهٔ ۴ درست است.

اگه می‌خوای مغزت با سر و کله زدن با کلی مسئلهٔ جدید عضله بزنه! سؤال‌های ۳۷ تا ۴۶ تشریحی و ۶۲ تا ۸۸ تستی رو حل کن.

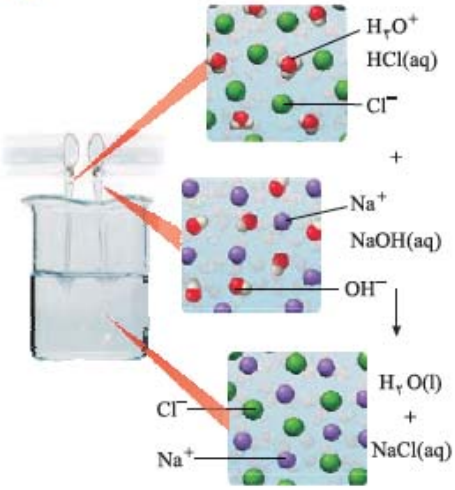
درس هفتم: شوینده‌های خورنده (صفحه‌های ۳۰ تا ۳۶ کتاب درسی)

واکنش اسید ـ باز

یکی از رفتارهای جالب و بسیار پرکاربرد در اسیدها و بازها، واکنش شیمیایی بین آن‌ها است. *شاید باور تون نشه ولی این واکنش خیلی خیلی پرکاربرده!*

مثلاً واکنش بین هیدروکلریک اسید (HCl) و سدیم هیدروکسید ($NaOH$) را خوب ببینید:

$$HCl(aq) + NaOH(aq) \rightarrow NaCl(aq) + H_2O(l)$$



اگر بخواهیم از دید میکروسکوپی به این واکنش نگاه کنیم یک همچین اتفاقی رخ می‌دهد:

$$\underbrace{H^+ + Cl^-}_{HCl(aq)} + \underbrace{Na^+ + OH^-}_{NaOH(aq)} \rightarrow \underbrace{Na^+ + Cl^-}_{NaCl(aq)} \quad \underbrace{H^+\,OH^-}_{H_2O(l)}$$

یون تماشاچی:

اگر به واکنش بالا خوب نگاه کنیم، می‌بینیم که یون‌های Na^+ و Cl^- تأثیر خاصی در واکنش انجام‌شده ندارند! یعنی هیچ فعل و انفعال شیمیایی روی آن‌ها انجام نمی‌شود. قبل از واکنش، Na^+ و Cl^- آزادانه در محلول می‌چرخیدند و بعد از واکنش هم همچنان در حال گردش هستند.

(عمین‌بوری بیکار و بی‌عار! الکی الکی دارن می‌چرخن واسه خودشون!)

به این یون‌ها که تأثیری در فعل و انفعال شیمیایی ندارند اصطلاحاً **یون تماشاچی** می‌گوییم.

نکته یون‌های تماشاچی را می‌توانیم در یک واکنش در نظر نگیریم و از دو طرف واکنش خط بزنیم؛ یعنی در واکنش بالا اتفاق اصلی واکنش، بین $H^+(aq)$ و $OH^-(aq)$ است که به $H_2O(l)$ تبدیل می‌شوند.

$$\overbrace{H^+(aq) + \underbrace{Cl^-(aq)}_{\text{یون‌های تماشاچی}}}^{HCl} + \overbrace{\underbrace{Na^+(aq)}_{\text{یون‌های تماشاچی}} + OH^-(aq)}^{NaOH} \rightarrow \overbrace{\underbrace{Na^+(aq) + Cl^-(aq)}_{\text{یون‌های تماشاچی}}}^{NaCl} + H_2O(l)$$

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

واکنش خنثی‌شدن

به واکنش بین یک اسید و یک باز، واکنش **خنثی‌شدن** می‌گوییم. در واکنش خنثی‌شدن، اسید و باز باید به نسبت استوکیومتری با هم واکنش دهند. نسبت استوکیومتری بین یک اسید و یک باز هم به ظرفیت آن‌ها بستگی دارد.

ظرفیت اسیدی: به تعداد H^+هایی که یک اسید می‌تواند آزاد کند، ظرفیت اسیدی (a) می‌گوییم.

ظرفیت بازی: به تعداد OH^-هایی که یک باز می‌تواند آزاد کند، ظرفیت بازی (b) می‌گوییم.

مثلاً ظرفیت اسیدهای HCl، H_2CO_3 و H_3PO_4 به ترتیب ۱، ۲ و ۳ بوده و ظرفیت بازهای $NaOH$ و $Ba(OH)_2$ به ترتیب ۱ و ۲ است.

نکته اسید و باز با هم واکنش می‌دهند و نمک و آب تولید می‌کنند.

آب + نمک ← باز + اسید

با توجه به نکتهٔ بالا می‌توانیم واکنش بین اسیدها و بازها را نوشته و موازنه کنیم.

مثلاً اسید کربنیک (H_2CO_3) و سدیم هیدروکسید $(NaOH)$ با هم واکنش می‌دهند و نمک سدیم کربنات (Na_2CO_3) و آب تولید می‌کنند.

$$H_2CO_3(aq) + 2NaOH(aq) \rightarrow Na_2CO_3(aq) + 2H_2O(l)$$

نکته در حد اطلاعات دبیرستان، واکنش بین یک اسید و یک باز (واکنش خنثی‌شدن) را یک واکنش کامل در نظر می‌گیریم.

نکته معمولاً در سؤال‌های مربوط به خنثی‌شدن، نسبت ضریب بین یک اسید و یک باز اهمیت دارد. برای نوشتن سریع نسبت ضرایب استوکیومتری می‌توانیم بنویسیم:

$$a\ \text{باز} + b\ \text{اسید} \rightarrow$$

a: ظرفیت اسید و b: ظرفیت باز

مثلاً در واکنش بین H_2CO_3 و $NaOH$ داریم:

$$\left.\begin{matrix}\text{(ظرفیت اسید) } a=2\\ \text{(ظرفیت باز) } b=1\end{matrix}\right\} \Rightarrow 1\,H_2CO_3 + 2\,NaOH \rightarrow$$

یا در واکنش بین H_3PO_4 و $Ba(OH)_2$ داریم:

$$\left.\begin{matrix}\text{(ظرفیت اسید) } a=3\\ \text{(ظرفیت باز) } b=2\end{matrix}\right\} \Rightarrow 2\,H_3PO_4 + 3\,Ba(OH)_2 \rightarrow$$

از آن‌جا که واکنش بین اسید و باز در محلول آبی انجام می‌شود، معمولاً در مسائل خنثی‌شدن، اطلاعات مربوط به آن‌ها، حجم (V) و غلظت مولی (M) است. به همین دلیل می‌توانیم با استفاده از روابط زیر، *سه سوته*! سؤال‌های مربوط به خنثی‌شدن را حل کنیم.

$$\frac{\text{n اسید}}{\text{ضریب اسید}} = \frac{\text{n باز}}{\text{ضریب باز}} \rightarrow \frac{n_a}{b} = \frac{n_b}{a} \Rightarrow an_a = bn_b \quad \text{یا} \quad aM_aV_a = bM_bV_b$$

تست اگر ۴۰ میلی‌لیتر محلول ۰/۰۲۵ مولار اسید چندظرفیتی H_nA با ۷۵ میلی‌لیتر محلول ۰/۰۲ مولار یک باز دوظرفیتی $M(OH)_2$ خنثی شود، n کدام عدد است؟ *(سراسری ریاضی ۸۸)*

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ **روش ۱** قدم اول نوشتن معادلهٔ موازنه‌شده بین اسید H_nA و $M(OH)_2$ است:

$$2H_nA + nM(OH)_2 \rightarrow M_nA_2 + (2n)H_2O$$

حالا حجم باز مصرفی را از روی حجم اسید حساب می‌کنیم:

$$40\ mL\ H_nA \times \frac{1\ L}{1000\ mL} \times \frac{0/025\ mol\ H_nA}{1\ L\ H_nA} \times \frac{n\ mol\ M(OH)_2}{2\ mol\ H_nA} \times \frac{1\ L\ M(OH)_2}{0/02\ mol\ M(OH)_2} \times \frac{1000\ mL}{1\ L} = 75\ mL$$

$$\Rightarrow \frac{40 \times 0/025 \times n}{2 \times 0/02} = 75 \Rightarrow n = \frac{75 \times 2 \times 20}{40 \times 25} = 3$$

روش ۲ با توجه به اطلاعات سؤال داریم:

$$aM_aV_a = bM_bV_b \Rightarrow n \times 0/025 \times 40 = 2 \times 0/02 \times 75 \Rightarrow n = \frac{2 \times 0/02 \times 75}{0/025 \times 40} = 3$$

گزینهٔ ۳ درست است.

تست با افزودن ۱۰ میلی‌لیتر از محلول یک ترکیب با خاصیت اسیدی قوی (HA) به ۹۰ میلی‌لیتر آب مقطر، pH محلول به ۲ کاهش می‌یابد. برای خنثی‌شدن کامل هر لیتر از محلول غلیظ اولیهٔ این ترکیب اسیدی، چند گرم NaOH(s) لازم است؟ $(H=1, O=16, Na=23 : g.mol^{-1})$ *(سراسری تجربی ۹۷)*

۱) ۱ ۲) ۴ ۳) ۱۰ ۴) ۴۰

پاسخ با توجه به pH محلول نهایی، غلظت H^+ در محلول نهایی برابر است با:

$$[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-2}\ mol.L^{-1}$$

بنابراین تعداد مول HA در محلول نهایی به دست می‌آید:

$$[HA] = [H^+] = 10^{-2}\ mol.L^{-1} \Rightarrow [HA] = \frac{n_{HA}}{V} \Rightarrow 10^{-2} = \frac{n_{HA}}{0/1\ L} \Rightarrow n_{HA} = 10^{-3}\ mol$$

پس غلظت اولیه محلول HA (در ۱۰ میلی‌لیتر) برابر بوده است با:

$$[HA]_{\text{اولیه}} = \frac{n_{HA}}{V_{\text{اولیه}}} = \frac{10^{-3}\ mol}{0/01\ L} = 10^{-1} = 0/1\ mol.L^{-1}$$

روش ۱ حالا با توجه به واکنش HA و NaOH، جرم NaOH لازم برای خنثی‌کردن ۱ لیتر از محلول اولیهٔ HA برابر است با:

$$NaOH(aq) + HA(aq) \rightarrow NaA(aq) + H_2O(aq)$$

$$1\ L\ HA \times \frac{0/1\ mol\ HA}{1\ L\ HA} \times \frac{1\ mol\ NaOH}{1\ mol\ HA} \times \frac{40\ g\ NaOH}{1\ mol\ NaOH} = 4\ g\ NaOH$$

روش ۲

$$aM_aV_a = bM_bV_b \Rightarrow 1 \times 0/1 \times 1 = 1 \times n_b \Rightarrow n_b = 0/1$$

$$g\ NaOH = 0/1 \times 40 = 4\ g$$

گزینهٔ ۲ درست است.

تست اگر نسبت غلظت مولار یون هیدروکسید به یون هیدرونیوم در یک محلول باز قوی برابر 10^{10} باشد، برای خنثی‌کردن ۱۰۰ mL از این محلول، چند مول HCl نیاز است؟ (سراسری ریاضی ۹۶)

۱) 10^{-2} ۲) 5×10^{-2} ۳) 10^{-3} ۴) 5×10^{-3}

پاسخ با توجه به اطلاعات مسئله و K_w داریم:

$$\frac{[OH^-]}{[H^+]}=10^{10} \xrightarrow{[H^+]=\frac{10^{-14}}{[OH^-]}} \frac{[OH^-]}{\frac{10^{-14}}{[OH^-]}}=10^{10} \Rightarrow \frac{[OH^-]}{\frac{10^{-14}}{[OH^-]}}=10^{10} \Rightarrow \frac{[OH^-]^2}{10^{-14}}=10^{10} \Rightarrow [OH^-]^2=10^{-4}$$

$$\Rightarrow [OH^-]=10^{-2}\ mol.L^{-1}$$

حالا حساب می‌کنیم برای خنثی‌کردن ۱۰۰ میلی‌لیتر از این محلول چند مول HCl لازم است.

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

$$100\ mL\ OH^- \times \frac{1\ L}{1000\ mL} \times \frac{10^{-2}\ mol\ OH^-}{1\ L\ OH^-} \times \frac{1\ mol\ HCl}{1\ mol\ OH^-} = 10^{-3}\ mol\ HCl$$

گزینهٔ ۳ درست است.

چند سؤال هم از واکنش اسیدهای ضعیف و بازها می‌بینیم، همان‌طور که می‌دانیم واکنش هر اسیدی با هر بازی را کامل در نظر می‌گیریم.

تست اگر درصد یونش یک محلول اتانوییک اسید برابر ۲ درصد و pH آن برابر ۲/۷ باشد، ۲۵ میلی‌لیتر از آن با چند میلی‌لیتر محلول ۰/۰۵ مولار آمونیاک واکنش می‌دهد؟ (سراسری ریاضی ۸۶)

۱) ۱۵ ۲) ۲۰ ۳) ۲۵ ۴) ۵۰

پاسخ اول غلظت اولیهٔ اتانوییک اسید را حساب می‌کنیم:

$$\%\alpha=\%2 \Rightarrow \alpha=0/02$$

$$pH=2/7 \Rightarrow [H^+]=10^{-pH}=10^{-2/7}=10^{-3}\times10^{0/3}=2\times10^{-3}\ mol.L^{-1}$$

$$[H^+]=\alpha M_a \Rightarrow 2\times10^{-3}=0/02\times M_a \Rightarrow M_a=0/1\ mol.L^{-1}$$

می‌دانیم هم اسید و هم باز یک‌ظرفیتی هستند.

روش ۱ بنابراین حساب می‌کنیم چند میلی‌لیتر NH_3 لازم است تا با ۲۵ میلی‌لیتر از اسید ۰/۱ مولار واکنش دهد.

$$25\ mL\ \text{اتانوییک اسید} \times \frac{1\ L}{1000\ mL} \times \frac{0/1\ mol\ \text{اتانوییک اسید}}{1\ L\ \text{اتانوییک اسید}} \times \frac{1\ mol\ NH_3}{1\ mol\ \text{اتانوییک اسید}} \times \frac{1\ L\ NH_3}{0/05\ mol\ NH_3} \times \frac{1000\ mL}{1\ L} = 50\ mL\ NH_3$$

روش ۲ با توجه به اطلاعات، داریم:

$$aM_aV_a=bM_bV_b \Rightarrow 1\times0/1\times25=1\times0/05\times V_b \Rightarrow V_b=50\ mL$$

گزینهٔ ۴ درست است.

تست اگر pH محلولی از یک اسید HA با درصد تفکیک یونی ٪۱۰ برابر ۴ باشد، ۵۰ mL از آن با چند میلی‌گرم سدیم هیدروژن کربنات ($NaHCO_3$) ۸۰ درصد خالص واکنش می‌دهد؟ ($H=1, C=12, O=16, Na=23 : g.mol^{-1}$) (سراسری ریاضی ۸۸)

۱) ۲/۴ ۲) ۵/۲۵ ۳) ۴/۲ ۴) ۸/۲۵

پاسخ قدم اول، محاسبهٔ غلظت اولیهٔ اسید HA است.

$$\%\alpha=\%10 \Rightarrow \alpha=0/1$$

$$pH=4 \Rightarrow [H^+]=10^{-pH}=10^{-4}\ mol.L^{-1},\ [H^+]=\alpha M_a \Rightarrow 10^{-4}=0/1\times M_a \Rightarrow M_a=10^{-3}\ mol.L^{-1}$$

واکنش انجام‌شده به صورت مقابل است:

$$NaHCO_3(s)+HA(aq) \rightarrow NaA(aq)+H_2CO_3(aq)$$

روش ۱ در قدم دوم حساب می‌کنیم چند میلی‌گرم $NaHCO_3$ ناخالص برای واکنش با ۵۰ میلی‌لیتر HA نیاز است:

$$50\ mL\ HA \times \frac{1\ L}{1000\ mL} \times \frac{10^{-3}\ mol\ HA}{1\ L\ HA} \times \frac{1\ mol\ NaHCO_3}{1\ mol\ HA} \times \frac{84\ g\ NaHCO_3}{1\ mol\ NaHCO_3} \times \frac{100\ g\ \text{ناخالص}}{80\ g\ \text{خالص}} \times \frac{1000\ mg}{1\ g}$$

$$= \frac{5\times84}{80} = 5/25\ mg\ NaHCO_3\ \text{(ناخالص)}$$

روش ۲ با استفاده از اطلاعات بالا داریم: (میلی‌گرم $NaHCO_3$ را x در نظر می‌گیریم.)

$$an_a=bn_b$$

$$1\times10^{-3}\times\frac{50}{1000}=1\times\frac{\frac{\text{گرم}}{x}\times\frac{\text{درصد خلوص}}{80}}{\underbrace{84}_{\text{جرم مولی}}} \Rightarrow x=\frac{10^{-3}\times50\times84\times100}{80}=5/25\ mg\ NaHCO_3\ \text{(ناخالص)}$$

گزینهٔ ۲ درست است.

تست اگر pH محلول اسید ضعیف HA برابر ۳/۴ و درصد یونش آن برابر ۲/۵٪ باشد، غلظت مولار آن، کدام است و ۲۰۰ میلی‌لیتر از آن، چند مول سدیم هیدروکسید را خنثی می‌کند؟ (گزینه‌ها را از راست به چپ بخوانید. $\log ۰/۴ \approx -۰/۴$) *(سراسری تجربی ۹۶)*

۱) $۱/۴\times۱۰^{-۲}$ و $۱/۶\times۱۰^{-۳}$ ۲) $۱/۴\times۱۰^{-۲}$ و $۳/۲\times۱۰^{-۳}$ ۳) $۱/۶\times۱۰^{-۲}$ و $۱/۶\times۱۰^{-۳}$ ۴) $۱/۶\times۱۰^{-۲}$ و $۳/۲\times۱۰^{-۳}$

پاسخ با توجه به روابط روبه‌رو، غلظت اولیهٔ HA برابر است با:

$$\٪\alpha = \٪۲/۵ \Rightarrow \alpha = ۲/۵\times۱۰^{-۲}$$

$$pH = ۳/۴ \Rightarrow [H^+] = ۱۰^{-۳/۴} = ۱۰^{-۳}\times۱۰^{-۰/۴} = ۰/۴\times۱۰^{-۳} = ۴\times۱۰^{-۴}$$

$$[H^+] = \alpha M_a \Rightarrow ۴\times۱۰^{-۴} = ۲/۵\times۱۰^{-۲}\times M_a \Rightarrow M_a = \frac{۴\times۱۰^{-۴}}{۲/۵\times۱۰^{-۲}} = \frac{۴\times۴}{۱۰}\times۱۰^{-۲} = ۱/۶\times۱۰^{-۲}\ M$$

تا این‌جا می‌فهمیم که ① و ② جواب نیست!

واکنش HA و سدیم هیدروکسید به صورت مقابل است: $NaOH + HA \rightarrow NaA + H_۲O$

بنابراین داریم: **روش ۱**

$$۲۰۰\ mL\ HA \times \frac{۱\ L}{۱۰۰۰\ mL} \times \frac{۱/۶\times۱۰^{-۲}\ mol\ HA}{۱\ L\ HA} \times \frac{۱\ mol\ NaOH}{۱\ mol\ HA} = ۳/۲\times۱۰^{-۳}\ mol\ NaOH$$

روش ۲

$$an_a = bn_b \Rightarrow aM_aV_a = bn_b \Rightarrow ۱\times۱/۶\times۱۰^{-۲}\times \frac{۰/۲}{۱۰۰۰} = ۱\times n_b \Rightarrow n_b = ۳/۲\times۱۰^{-۳}\ mol\ NaOH$$

گزینهٔ ۴ درست است.

شوینده‌های خورنده چگونه عمل می‌کنند؟

تا حالا شده که لوله‌های خونتون بگیره؟ بعضی‌ها، موقع گرفتن لوله‌های خونشون از تلمبه‌های فشاری استفاده می‌کنن. تلمبه‌های فشاری با واردکردن ضربه‌های مکانیکی، مسیر لوله را باز می‌کنند. بعضی وقت‌ها مسیر لوله جوری بسته شده که دیگر ضربه‌های مکانیکی جوابگو نیست و باید از شوینده‌های خورنده استفاده کنیم. *ولی قبلش به نظرتون شوینده‌های خورنده چرا لوله رو باز می‌کنن؟* این مواد معمولاً خاصیت اسیدی یا بازی دارند و با موادی که مسیر لوله را بسته‌اند واکنش می‌دهند و اصطلاحاً آن‌ها را می‌خورند.

اگر مسیر یک لوله توسط اسید چرب $(RCOOH(s))$ بسته شده باشد می‌توانیم برای بازکردن مسیر این لوله از یک باز استفاده کنیم مثل محلول سدیم هیدروکسید $(NaOH(aq))$.

استفاده از NaOH برای این کار دو دلیل دارد:

① NaOH با اسید چرب جامد واکنش می‌دهد (مثل واکنش اسید و باز) و آن را به یک مادهٔ محلول در آب تبدیل می‌کند. *این شکلی اسید چربِ رسوب، از دیوارهٔ لوله جدا می‌شه و میره تو فاضلاب!*

$$RCOOH(s) + NaOH(aq) \rightarrow RCOONa(aq) + H_۲O(l)$$

② *قیافهٔ RCOONa یکم واستون آشنا نیست؟ همان‌طور که تو اوایل فصل خوندیم*، فراوردهٔ RCOONa خودش یک نوع پاک‌کننده (صابون) است و می‌تواند کثیفی‌ها و چربی‌های اضافه را هم از در و دیوار لوله کنده و پاک کند.

یعنی با استفاده از NaOH برای اسید چرب، با یک تیر دو نشان زدیم! هم اسید چرب را حل کردیم و مسیر لوله را باز کردیم، هم جرم‌گیری کردیم! بعضی وقت‌ها هم موادی که در لوله‌ها گیر می‌کنند خاصیت بازی دارند، مثل کلسیم کربنات $(CaCO_۳(s))$.

حتماً یادتان هست که بعضی آب‌ها (مثل آب سخت) کلسیم دارند. این کلسیم‌ها می‌توانند درون لوله‌های آب به صورت کلسیم کربنات رسوب کرده و بچسبند به لولهٔ آب و مسیر لوله را ببندند. *این‌جا هم نمی‌تونیم از تلمبهٔ فشاری استفاده کنیم.*

این‌بار باید از شوینده‌ٔ خورنده‌ای استفاده کنیم که خاصیت اسیدی داشته باشد تا بتواند با کلسیم کربنات واکنش داده و آن را بخورد! یکی از این شوینده‌های خورنده، هیدروکلریک اسید $(HCl(aq))$ است.

این‌جا هم با یک HCl، دوتا نشون می‌زنیم:

① هیدروکلریک اسید $(HCl(aq))$ با کلسیم کربنات $(CaCO_۳(s))$ واکنش می‌دهد و آن را به $CaCl_۲(aq)$، $CO_۲(g)$ و $H_۲O(l)$ تبدیل می‌کند.

$$CaCO_۳(s) + ۲HCl(aq) \rightarrow CaCl_۲(aq) + H_۲O(l) + CO_۲(g)$$

② در این واکنش یک فراوردهٔ گازی $(CO_۲(g))$ تولید می‌شود که می‌تواند با اعمال ضربهٔ مکانیکی *(یه چیزی تو مایه‌های همون تلمبهٔ فورمون)*، به بازشدن مسیر لوله کمک کند.

- با استفاده از این شوینده، مواد رسوب (s) به مواد محلول در آب (aq) یا گاز (g) تبدیل می‌شود و مسیر لوله باز می‌شود.

بد نیست بدانید!

شاید بپرسید که این دیگه چه‌جور واکنش اسید و بازه؟

باید خدمتتان عرض کنم که در این واکنش ۲ مولکول HCl، هر کدام یک پروتون (H^+) به CO_3^{2-} می‌دهند و آن را تبدیل می‌کنند به H_2CO_3.

$$CaCO_3(s) + 2HCl(aq) \rightarrow CaCl_2(aq) + H_2CO_3(aq)$$

ولی بدانید و آگاه باشید که $H_2CO_3(aq)$ در آب یک مادهٔ ناپایدار است و فی‌الفور به $CO_2(g)$ و $H_2O(l)$ تبدیل می‌شود.

$$H_2CO_3(aq) \rightarrow H_2O(l) + CO_2(g)$$

برای همین است که واکنش کلی کلسیم کربنات و هیدروکلریک اسید به صورت زیر است:

$$CaCO_3(s) + 2HCl(aq) \rightarrow CaCl_2(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$$

● *حتماً شنیدید که می‌گن اگه اسید رو روی کف آزمایشگاه بریزیم، زمین رو می‌خوره.* دلیلش این است که کف آزمایشگاه معمولاً از جنس سنگ است (موزاییک یا سرامیک) و جزء اصلی تشکیل‌دهندهٔ آن چیزی نیست جز کلسیم کربنات ($CaCO_3(s)$). در واقع اسید با $CaCO_3(s)$ موجود در کف آزمایشگاه واکنش می‌دهد و آن را به مواد محلول در آب یا گاز تبدیل می‌کند. به همین دلیل به آن می‌گوییم مادهٔ خورنده!

البته اسیدها، همهٔ ماده‌ها را نمی‌خورند. اگر اسید قرار باشد همیشه خورنده باشد، چرا ظرف شیشه‌ای خودش را نمی‌خورد؟ احسنت! چون ظرف شیشه‌ای خاصیت بازی ندارد که با اسید واکنش بدهد.

نکته اگر اسید (یا باز) با ماده‌ای واکنش بدهد، آن را به یک سری فراورده‌های دیگر تبدیل می‌کند و اصطلاحاً می‌گوییم آن ماده را می‌خورد ولی اگر با ماده‌ای واکنش ندهد، آن را نمی‌خورد.

پیوند با زندگی

اگر خاطر شریفتان باشد، گفتیم که می‌خواهیم راه درمان سوزش معده را با دانش مبحث اسید و باز بررسی کنیم. معده برای گوارش غذا نیاز به اسید دارد، با خوردن غذا، غده‌هایی که در دیوارهٔ معده هستند، یک اسید قوی ترشح می‌کنند یعنی هیدروکلریک اسید (HCl).

با توجه به غذاهای مختلفی که می‌خوریم، بدن ما نزدیک به ۲ تا ۳ لیتر شیرهٔ معده تولید می‌کند که غلظت یون هیدرونیوم (H^+) در آن حدود ۰/۰۳ مول بر لیتر است. غلظت ۰/۰۳ مول بر لیتر بسیار زیاد است و معده محیطی است بسیار اسیدی! به طوری که حتی اگر شما فلز روی را میل بفرمایید، معدهٔ مبارک توانایی حل‌کردن فلز روی را هم دارد!

- pH معده در زمان استراحت برابر با ۳/۷ است.

ولی خب اسید معده آن‌قدرها هم خوب نیست چون به طور طبیعی مقدار کمی از یون‌های هیدرونیوم (H^+) دوباره توسط دیواره‌های معده جذب می‌شود و بعضی از سلول‌های سازندهٔ دیوارهٔ معده را نابود می‌کند!

حالا اگر مقدار اسید معدهٔ ما بیش از اندازه باشد، تعداد یون‌هایی که به دیواره‌های معده باز می‌گردند هم زیاد می‌شود و سلول‌های بیچارهٔ بیشتری از بین می‌روند، البته دودش در چشم ما هم می‌رود چون درد و التهاب و خونریزی معده می‌ماند برای ما!

- در این شرایط در هر دقیقه حدود نیم‌میلیون سلول نازنین از بین می‌روند ...

این‌جاست که علم شیمی مثل زورو وارد می‌شود و به داد ما می‌رسد. با توجه به درس‌هایی که تا الان یاد گرفتیم احتمالاً شما هم حدس زدید که می‌توانیم با استفاده از ماده‌ای که خاصیت بازی داشته باشد، مقدار اضافی اسید معده را خنثی کنیم. به این ماده‌ها می‌گوییم ضد اسید!

ضد اسیدها داروهایی هستند که برای خنثی‌کردن و کاهش اسید معده تجویز می‌شوند. یکی از رایج‌ترین آن‌ها شیر منیزی است. این ماده شامل منیزیم هیدروکسید بوده و به صورت زیر، با اسید معده واکنش می‌دهد و آن را خنثی می‌کند تا اسید معده کاهش یابد.

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

البته ما کلی ضد اسید دیگر هم داریم که در جدول زیر مادهٔ مؤثر در بعضی از آن‌ها را می‌بینید.

شماره ضد اسید	۱	۲	۳
مادهٔ مؤثر	$Al(OH)_3$, $NaHCO_3$	$Al(OH)_3$, $Mg(OH)_2$	$NaHCO_3$

واکنش این ماده‌های مؤثر با اسید معده به صورت زیر است:

$$Al(OH)_3(s) + 3HCl(aq) \rightarrow AlCl_3(aq) + 3H_2O(l)$$

$$NaHCO_3(aq) + HCl(aq) \rightarrow NaCl(aq) + \underbrace{H_2O(l) + CO_2(g)}_{H_2CO_3}$$

همون H_2CO_3 که فوراً به CO_2 و H_2O تجزیه می‌شه!

همان‌طور که دیدیم سدیم هیدروژن کربنات $(NaHCO_3)$ یا همان جوش‌شیرین **خاصیت بازی** دارد. به همین دلیل، برای افزایش قدرت پاک‌کنندگی چربی‌ها، به شوینده‌ها جوش‌شیرین اضافه می‌کنند. در واقع جوش‌شیرین که خاصیت بازی دارد، با چربی‌ها واکنش می‌دهد و علاوه بر پاک‌کردن آن‌ها، می‌تواند یک پاک‌کنندهٔ صابونی هم ایجاد کند.

$$NaHCO_3(aq) + RCOOH(s) \rightarrow RCOO^-Na^+(aq) + \underbrace{H_2O(l) + CO_2}_{H_2CO_3}$$

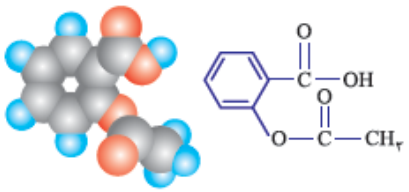
همون H_2CO_3

- **به برگشت شیرهٔ معده به مری، رفلاکس معده** می‌گوییم که باعث ایجاد بوی ترش در گلو و دهان می‌شود. البته شاید برایتان جالب باشد که ساده‌ترین روش درمان آن، **افزایش وعده‌های غذایی** و **کاهش حجم هر وعده** است. کم بخور، همیشه بخور!

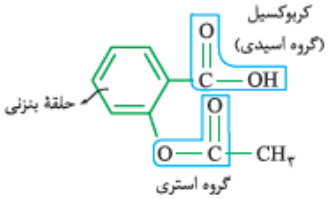
حال اگر ما در این شرایط غذاها و داروهایی که خاصیت اسیدی دارند بخوریم (مثل لواشک) چه می‌شود؟ بیماری ما تشدید شده و معدهٔ ما به فنا می‌رود!

به همین دلیل کسانی که این بیماری را دارند اولاً باید از این مواد کم‌تر استفاده کنند ثانیاً اگر دارویی که خاصیت اسیدی دارد استفاده می‌کنند باید آن را عوض کنند و از داروی دیگر استفاده کنند.

مثلاً یکی از داروهایی که خاصیت اسیدی دارد، آسپرین است که بیماران قلبی استفاده می‌کنند.



همان‌طور که می‌بینید در ساختار آسپرین با فرمول مولکولی $C_9H_8O_4$، گروه عاملی کربوکسیل (گروه اسیدی)، گروه عاملی استری و یک حلقهٔ بنزن دیده می‌شود.



پس علاوه بر این‌که آسپرین یک ترکیب آروماتیک است، یک اسید آلی نیز محسوب می‌شود.

معمولاً بیماران قلبی برای این‌که مشکلات کم‌تری داشته باشند روزانه یک عدد قرص آسپرین بچه می‌خورند.

تذکر یک وقت خیال نکنید که آسپرین بچه را فقط بچه‌ها می‌خورندها! نه‌خیر، در آسپرین بچه مقدار این ماده کم‌تر از آسپرین معمولی است.
همین آسپرین که کلی خوب است و وقتی که درد داریم به دادمان می‌رسد (حتی آسپرین بچه) وقتی می‌رود داخل معده، تبدیل می‌شود به یک اسید دیگر و می‌افتد به جان معده و ترتیبات سوزش معده را فراهم می‌کند، در بعضی موارد هم به خونریزی معده منجر می‌شود.
البته در کل داروها خیلی خوب هستند و درمان می‌کنند ما را. ولی کم و بیش عوارض جانبی هم دارند. باید یک فکری بکنیم که عوارض جانبی داروها کم‌تر بشود.
در هر صورت از ابتدای فصل یاد گرفتیم که شوینده‌ها و پاک‌کننده چه‌قدر خوب هستند و نمی‌گذارند که ما بیمار شویم یعنی از بیماری‌ها **پیشگیری** می‌کنند. حالا هم دیدیم که اگر خدایی‌نکرده بیمار شدیم می‌توانیم با مصرف درست و به موقع داروها، بیماری‌مان را **درمان بکنیم**.
وقتی در یک جامعه خدمات بهداشتی، دارویی و درمانی به طور مطلوب ارائه شود سطح سلامت افراد جامعه هم بالا می‌رود، سطح سلامت آدم‌ها هم که بالا رود بیشتر عمر می‌کنند و شاخص امید به زندگی افزایش می‌یابد. البته عمر که دست خداست ...

تست **محلول ضداسیدی شامل مول‌های برابری از آلومینیم هیدروکسید و منیزیم هیدروکسید است. اگر ۱۰ میلی‌لیتر از آن برای خنثی‌کردن ۸۰۰ میلی‌لیتر از اسید معده با pH = ۱/۷ کافی باشد، غلظت منیزیم هیدروکسید در ضداسید برحسب مول بر لیتر برابر است با:**

۱) $۳/۲\times۱۰^{-۳}$ ۲) ۴×۱۰^{-۳} ۳) $۳/۲\times۱۰^{-۱}$ ۴) ۴×۱۰^{-۱}

پاسخ تعداد مول $Al(OH)_۳$ و $Mg(OH)_۲$ را برابر با x فرض می‌کنیم. در این صورت با توجه به واکنش خنثی‌شدن آن‌ها با HCl، تعداد مول مصرفی HCl برابر خواهد بود با:

$$Al(OH)_۳ + ۳HCl \rightarrow AlCl_۳ + ۳H_۲O \quad , \quad Mg(OH)_۲ + ۲HCl \rightarrow MgCl_۲ + ۲H_۲O$$
$$x \qquad ۳x \qquad\qquad x \qquad ۲x$$
$$\text{تعداد مول مصرفی HCl} = ۳x + ۲x = ۵x$$

از طرفی با توجه به pH معده و حجم آن می‌توانیم تعداد مول مصرفی HCl را حساب کنیم.

$$pH = ۱/۷ \Rightarrow [H^+] = ۱۰^{-۱/۷} = ۱۰^{-۲}\times۱۰^{۰/۳} = ۲\times۱۰^{-۲}\ mol.L^{-۱} \xrightarrow[[H^+]=M_a]{\text{در محلول HCl}} M_a = ۲\times۱۰^{-۲}\ mol.L^{-۱}$$

$$n_{HCl} = M_a V_a = ۲\times۱۰^{-۲}\ mol.L^{-۱}\times ۰/۸\ L = ۱/۶\times۱۰^{-۲}\ mol\ HCl$$

حالا با برابر قراردادن ۵x با $۱/۶\times۱۰^{-۲}$ می‌توانیم x (تعداد مول $Mg(OH)_۲$) را حساب کنیم.

$$۱/۶\times۱۰^{-۲} = ۵x \Rightarrow x = \frac{۱/۶\times۱۰^{-۲}}{۵} = ۳/۲\times۱۰^{-۳}\ mol$$

بنابراین غلظت $Mg(OH)_۲$ در محلول ضداسید برابر است با:

$$M_{Mg(OH)_۲} = \frac{n}{V} = \frac{۳/۲\times۱۰^{-۳}\ mol}{۰/۰۱\ L} = ۳/۲\times۱۰^{-۱}\ mol.L^{-۱}$$

گزینهٔ ۳ درست است.

شب دیگه این هم آخرین درس این فصل، حالا برای این‌که این درس رو هم خوب بفهمی برو سؤال‌های ۴۷ تا ۵۷ تشریحی و ۸۹ تا ۱۰۶ تستی رو حل کن. فسته نباشی دلاور، خدا قوت پهلوون!

BOOK BANK

pH مقیاسی برای تعیین میزان اسیدی بودن (صفحه‌های ۲۳ تا ۲۹ کتاب درسی)

۳۷- اگر غلظت یون $OH^-(aq)$ در یک محلول آبی در دمای $25\ ^\circ C$ برابر با $2/5\times10^{-6}\ mol.L^{-1}$ باشد، غلظت یون $H_3O^+(aq)$ را در این محلول حساب کنید.

۳۸- با توجه به داده‌های زیر، کدام محلول خاصیت اسیدی بیشتری دارد؟

محلول	۱	۲	۳	۴
غلظت $mol.L^{-1}$	$[H_3O^+]=10^{-3}$	$[H_3O^+]=10^{-12}$	$[OH^-]=10^{-12}$	$[OH^-]=10^{-9}$

۳۹- کلمهٔ مناسب را از داخل پرانتز انتخاب کنید.

- اگر چند قطره محلول HCl به ۱۰۰ میلی‌لیتر آب اضافه شود، غلظت یون OH^- (افزایش/ کاهش)، pH محلول (افزایش/ کاهش) می‌یابد.

۴۰- pH یک محلول $0/05\ mol.L^{-1}$ لیتیم هیدروکسید را محاسبه کنید. $(\log2=0/3)$

۴۱- اگر غلظت H^+ در یک محلول آسپرین برابر با $1/7\times10^{-3}$ مولار باشد، pH این محلول را محاسبه کنید. (آسپرین = استیل سالیسلیک اسید $(C_9H_8O_4$ = $(\log1/7=0/23)$

۴۲- دو محلول A و B را در نظر بگیرید. اگر pH محلول A برابر ۲/۷ و غلظت H^+ در محلول B برابر $1/8\times10^{-2}$ باشد، کدام‌یک از ۲ محلول خاصیت اسیدی بیشتری دارد؟

۴۳- اگر در یک محلول کلسیم هیدروکسید به حجم ۱ لیتر، ۰/۰۲۵ مول یون Ca^{2+} وجود داشته باشد، pH این محلول را در دمای اتاق محاسبه کنید. $(\log2=0/3)$

۴۴- pH مناسب برای رشد آبزیان در دریاچه‌ها ۶/۵ است. ولی در برخی دریاچه‌ها pH، ۴/۲ است.

آ) $[H^+]$ و $[OH^-]$ را برای حالت طبیعی $(pH=6/5)$ محاسبه کنید.

ب) $[H^+]$ و $[OH^-]$ را برای $pH=4/2$ محاسبه کنید. $(10^{-0/2}=0/63)$

پ) یک روش برای کاهش خاصیت اسیدی این دریاچه‌ها افزایش کلسیم کربنات به آن‌ها است. محاسبه کنید برای خنثی‌کردن ۱ لیتر از آب اسیدی این دریاچه چند گرم کلسیم کربنات مورد نیاز است؟ (اسید را سولفوریک اسید فرض کنید.) $(CaCO_3=100\ g.mol^{-1})$

۴۵- چه عاملی باعث تشکیل باران اسیدی می‌شود؟ توضیح دهید.

۴۶- چند میلی‌لیتر محلول KOH با $pH=13/6$ باید به ۲ لیتر محلول KOH با $pH=12$ افزوده شود تا pH محلول نهایی برابر ۱۳/۳ شود؟ $(\log2=0/3\ ,\ \log5=0/7)$

شوینده‌های خورنده (صفحه‌های ۳۰ تا ۳۶ کتاب درسی)

۴۷- ۲۰ میلی‌لیتر از محلول یک باز قوی یک‌ظرفیتی با $pH=13$ با چند میلی‌لیتر HCl با غلظت $0/1\ mol.L^{-1}$ به طور کامل واکنش می‌دهد؟

۴۸- با محاسبه مشخص کنید، چند میلی‌لیتر محلول پتاسیم هیدروکسید (KOH)، $0/8\ mol.L^{-1}$ برای واکنش کامل با 16 mL از محلول سولفوریک اسید (H_2SO_4)، $0/2\ mol.L^{-1}$ بر طبق واکنش زیر لازم است؟ *(نهایی ۹۱)*

$$2KOH(aq)+H_2SO_4(aq)\rightarrow K_2SO_4(aq)+2H_2O(l)$$

۴۹- از واکنش محلول جوهرنمک (محلول هیدروکلریک اسید یا $(HCl(aq))$ با محلول سفیدکننده (محلول سدیم هیپوکلریت یا $NaClO(aq)$) طبق واکنش مقابل گاز سمی کلر (Cl_2) آزاد می‌شود.

$$2HCl(aq)+NaClO(aq)\rightarrow NaCl(aq)+Cl_2(g)+H_2O(l)$$

با توجه به واکنش بالا برای واکنش کامل 20 mL از محلول NaClO، $0/3\ mol.L^{-1}$ به چند میلی‌لیتر محلول HCl، $0/2\ mol.L^{-1}$ نیاز است؟ *(نهایی ۹۳)*

۵۰- معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش Al(s) و Mg(s) با هیدروکلریک اسید را به طور جداگانه بنویسید.

۵۱- ضد اسیدها موادی هستند که در شربت معده جهت خنثی‌کردن اسید اضافهٔ معده استفاده می‌شوند. این شربت‌ها از موادی نظیر $Al(OH)_3$، $Mg(OH)_2$ و $NaHCO_3$ تشکیل شده‌اند.

آ) آیا به جای مواد فوق از محلول رقیق NaOH می‌توان استفاده کرد؟ چرا؟

ب) معادلهٔ واکنش مواد موجود در ضد اسیدها با اسید معده را بنویسید.

۵۲- فرض کنید میزان روزانهٔ اسید معدهٔ ترشح‌شده یک الی دو لیتر است. هنگام هضم غذا، pH اسید معده (HCl) حدود ۱/۵۲ است.

آ) غلظت H^+ اسید معده را در هنگام هضم غذا محاسبه کنید.

ب) یکی از قرص‌های ضد اسید (مالوکس) حاوی ۶۰۰ mg کلسیم کربنات است. ضمن نوشتن معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش خنثی‌شدن، محاسبه کنید چند گرم اسید معده با ۲ عدد قرص مالوکس خنثی می‌شود؟ $(HCl = 36/5 , CaCO_3 = 100 : g.mol^{-1})$

پ) ضد اسید شیر منیزی حاوی ۴۰۰ mg $Mg(OH)_2$ در یک قاشق چای‌خوری است. ضمن نوشتن معادلهٔ خنثی‌شدن، محاسبه کنید چند میلی‌لیتر اسید معده با یک قاشق غذاخوری شیر منیزی خنثی می‌شود؟ (یک قاشق غذاخوری معادل ۳ قاشق چای‌خوری است.) $(Mg(OH)_2 = 58\ g.mol^{-1})$

۵۳- فرض کنید معده حاوی ۲/۰ لیتر هیدروکلریک اسید ۰/۰۵ M است. چه وزنی از ضد اسید $Mg(OH)_2$ جهت خنثی‌کردن کامل همهٔ HCl لازم است؟ $(Mg(OH)_2 = 58\ g.mol)$

۵۴- غلظت یون OH^- در یک پاک‌کننده برابر ۰/۰۰۳ M است.

آ) غلظت H^+ را حساب کنید.

ب) این محلول اسیدی است یا بازی؟

۵۵- کلسیم هیدرو کسید $(Ca(OH)_2)$، یک باز ارزان و در دسترس است. از این باز معمولاً در صنعت برای مواقعی که غلظت بالایی از OH^- لازم نیست استفاده می‌شود. $Ca(OH)_2(s)$ در آب تنها به مقدار ۰/۱۶ g در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب در دمای ۲۵ °C حل می‌شود. pH محلول اشباع $Ca(OH)_2(aq)$ در ۲۵ °C را حساب کنید. $(Ca(OH)_2 = 74/1 : g.mol^{-1}$ و $\log 2/27 = 0/36)$

۵۶- هیپوکلرواسید HOCl، به عنوان ضدعفونی‌کنندهٔ استخرهای شنا مورد استفاده قرار می‌گیرد. pH یک محلول ۰/۱۵ مولار HOCl برابر ۴/۱۸ است. K_a این اسید را محاسبه کنید. $(\log 6/6 = 0/82)$

۵۷- دو اسید ضعیف HX (جرم مولی: $180\ g.mol^{-1}$) و HY (جرم مولی: $78\ g.mol^{-1}$) داریم. اگر در حجم برابر از دو اسید pH محلولی از HX که در هر ۱ لیتر از محلول آن ۱۶/۹ گرم اسید وجود دارد، با pH محلولی از HY که در هر ۱ لیتر از محلول آن ۹/۰۵ گرم اسید وجود دارد، برابر باشد، کدام‌یک از این اسیدها قوی‌تر است؟

CitaMelk BOOK BANK

pH مقیاسی برای تعیین میزان اسیدی بودن (صفحه‌های ۲۳ تا ۲۹ کتاب درسی)

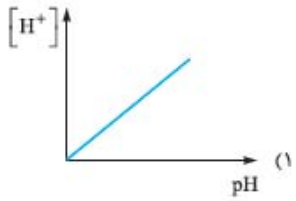
۶۲- دو محلول اسیدی HA و HB با pH برابر داریم که نسبت غلظت اولیهٔ HA به HB ۱۰۰ می‌باشد. کدام عبارت در مورد این دو اسید درست است؟

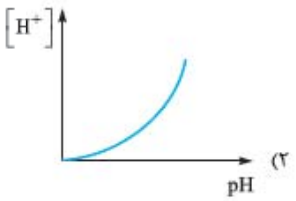
۱) غلظت یون H^+ و K_a دو محلول با هم برابرند.
۲) درجهٔ یونش ۲ اسید با هم برابرند.
۳) قدرت اسیدی HA و HB با هم برابر است.
۴) میزان اسیدی‌بودن ۲ محلول با هم برابر است.

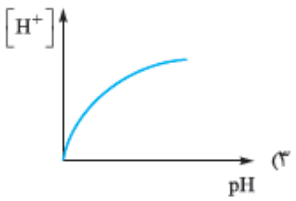
۶۳- اگر یک نمونه محلول اتانوئیک اسید و یک نمونه محلول هیدروکلریک اسید در دمای یکسان، مولاریتهٔ برابر داشته باشند، pH ..... است، زیرا ..... *(سراسری ریاضی ۸۷)*

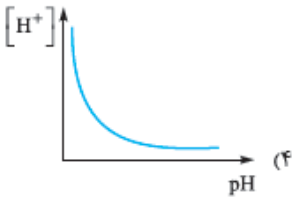
۱) محلول اولی بزرگ‌تر ـ $[H^+]$ در آن کم‌تر است.
۲) محلول دومی بزرگ‌تر ـ $[H^+]$ در آن بیشتر است.
۳) دو محلول یکسان است ـ زیرا هر دو محلول مولاریتهٔ برابر دارند.
۴) دو محلول یکسان است. زیرا، مولکول هر دو اسید می‌تواند یک پروتون آزاد کند.

۶۴- کدام‌یک از نمودارهای زیر ارتباط بین $[H^+]$ و pH را درست نشان می‌دهد؟

۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

۶۵- اگر pH یک محلول از ۳ به ۶ تغییر کند، غلظت H^+ با چه نسبتی تغییر خواهد کرد؟

۱) ۲ ۲) ۳ ۳) ۱۰۰ ۴) ۱۰۰۰

۶۶- وقتی غلظت H^+ در یک محلول به ۲ برابر غلظت اولیه افزایش یابد، pH به کدام صورت می‌تواند تغییر یابد؟ ($\log 2 = 0/3$)

۱) از ۱/۷ به ۱/۴ ۲) از ۲ به ۴ ۳) از ۵ به ۲/۵ ۴) از ۳ به ۳/۳

۶۷- محلولی از NaOH به حجم ۲۵۰ میلی‌لیتر و $pH = 12$ در دمای اتاق شامل چند گرم سود است؟ ($NaOH = 40\ g.mol^{-1}$)

۱) ۲/۵ ۲) ۰/۲۵ ۳) ۱ ۴) ۰/۱

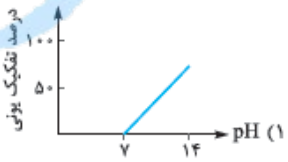
۶۸- ثابت یونش محلول ۰/۵ مولار یک اسید ضعیف با $pH = 4$ کدام است؟

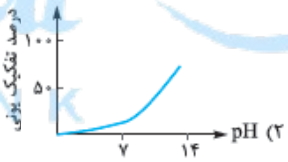
۱) 2×10^{-9} ۲) 2×10^{-8} ۳) 10^{-8} ۴) 10^{-9}

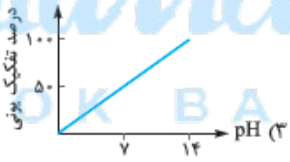
۶۹- چند میلی‌لیتر HNO_3 با $pH = 0$ باید به ۲۰۰ میلی‌لیتر محلول HI با $pH = 1$ اضافه شود تا pH نهایی برابر ۰/۷ شود؟ ($\log 2 = 0/3$)

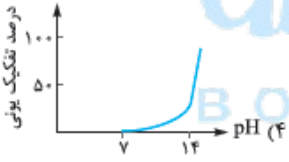
۱) ۲۵ ۲) ۵۰ ۳) ۲۵۰ ۴) ۵۰۰

۷۰- نمودار وابستگی pH محلول یک مولار باز BOH نسبت به درصد تفکیک آن به کدام صورت است؟ *(سراسری تجربی ۹۵)*

۱) 

۲) 

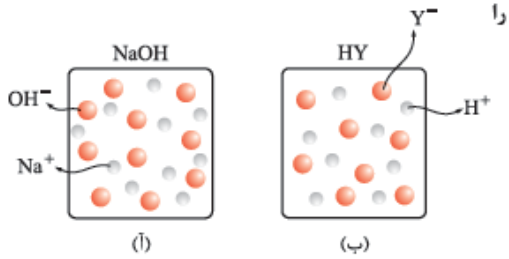
۳) 

۴) 

۷۱- غلظت یون H^+ در محلول ۰/۰۵ مولار هیدروکلریک اسید، چند برابر غلظت یون OH^- در محلول ۰/۰۱ هیپوکلرواسید با $K_a = 10^{-8}$ است؟

۱) 5×10^{7} ۲) 5×10^{3} ۳) 2×10^{-6} ۴) 2×10^{-7}

۷۲- در شکل روبه‌رو ۲ محلول سود (آ) و HY (ب) نشان داده شده است. اگر این دو محلول را با هم مخلوط کنیم، گونه‌های موجود در محلول حاصل عبارت‌اند از:

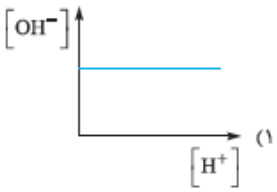


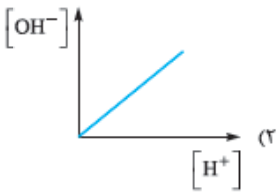
۱) $8Na^+, 2OH^-, 8Y^-, 8H_2O$
۲) $10Na^+, 8OH^-, 8Y^-, 8H_2O$
۳) $10Na^+, 2OH^-, 8Y^-, 10H_2O$
۴) $10Na^+, 2OH^-, 8Y^-, 8H_2O$

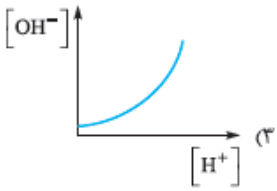
۷۳- غلظت H^+ را در یک محلول حاوی ۲۵ mL هیدروکلریک اسید ۱ M و ۵۰ mL سود ۰/۵ M محاسبه کنید.

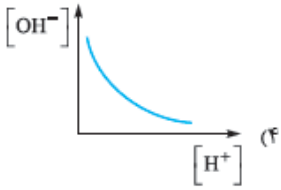
۱) ۰/۱ M ۲) ۰/۵ M ۳) ۰/۲۵ M ۴) 1×10^{-7} M

۷۴- کدام‌یک از نمودارهای زیر نشان‌دهندهٔ ارتباط بین غلظت H^+ و OH^- در یک محلول آبی در دمای ثابت است؟

۱) 

۲) 

۳) 

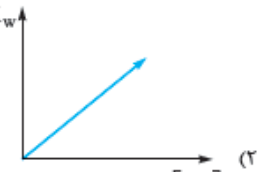
۴) 

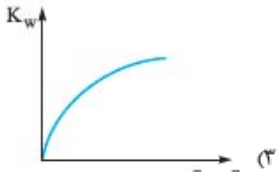
۷۵- برای واکنش یونش هیدروفلوریک اسید در آب کدام‌یک از رابطه‌های زیر درست است؟

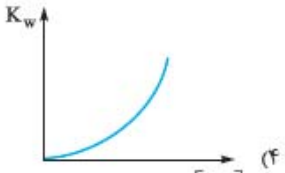
۱) $K = K_a[H_2O]$ ۲) $K_a = \frac{[HF]}{[H^+][F^-]}$ ۳) $K_a[HF] = [H^+][F^-]$ ۴) $K_a = \frac{[H^+][F^-]}{[HF][H_2O]}$

۷۶- کدام‌یک از نمودارهای زیر، ارتباط K_w را با غلظت H^+ یک محلول آبی را نشان می‌دهد؟

۱)

۲) 

۳) 

۴) 

۷۷- pH یک محلول ۰/۱ مولار فورمیک اسید ($HCOOH$) ۲/۴ است. K_a این اسید چه‌قدر است؟ $(\log 0/4 = -0/4)$

۱) $1/7\times10^{-3}$ ۲) $2/1\times10^{-3}$ ۳) $2/1\times10^{-4}$ ۴) $1/7\times10^{-4}$

۷۸- pH محلول ۰/۴ M آمونیاک برابر است با: $(K_b = 1/8\times10^{-5}, \log 3/7 = 0/56)$

۱) ۱۰/۷۲ ۲) ۱۱/۴۳ ۳) ۱۲/۳۲ ۴) ۱۲/۸۷

۷۹- pH محلول ۰/۰۰۰۷۱ M $HClO$ در دمای ۲۵ °C برابر است با: $(K_a = 3/5\times10^{-8}, \log 5 = 0/7)$

۱) ۳/۲۱ ۲) ۵/۳ ۳) ۵/۶۲ ۴) ۶/۲۷

۸۰- برای تهیهٔ محلولی از یک اسید ضعیف HA با $K_a = 5\times10^{-5}$ که pH آن با pH محلول ۰/۰۱ مولار هیدروکلریک اسید برابر باشد، مولاریتهٔ آن تقریباً باید چند برابر مولاریتهٔ محلول هیدروکلریک اسید باشد؟ *(سراسری تجربی ۹۰)*

۱) ۴۰ ۲) ۵۰ ۳) ۱۰۰ ۴) ۲۰۰

۸۱- بوتیریک اسید $CH_3CH_2CH_2COOH$ در تهیهٔ طعم‌دهنده و شربت‌ها استفاده می‌شود. pH محلول ۰/۲۵ M این اسید ۲/۷۲ است. K_a این اسید چه‌قدر است؟ $(\log 1/175 = 0/07)$

۱) $1/5\times10^{-5}$ ۲) $1/45\times10^{-5}$ ۳) $7/6\times10^{-6}$ ۴) 3×10^{-4}

۸۲- K_a یک اسید ضعیف برابر $5/5\times10^{-5}$ است. pH محلول ۰/۶۵ M این اسید در ۲۵ °C برابر است با: $(\log 3 = 0/5, \log 2 = 0/3)$

۱) ۳/۲۶ ۲) ۲/۰۱ ۳) ۲/۲۰ ۴) ۱/۶۳

۸۳- محلول اسید X و محلول اسید Y که هر دو اسید تک‌ظرفیتی می‌باشند دارای غلظت برابر هستند. اسید X قوی‌تر از اسید Y است. کدام‌یک از عبارت‌های زیر در مورد آن‌ها درست است؟

۱) اسید Y در محلول به طور کامل یونیده می‌شود.
۲) محلول اسید X نسبت به محلول اسید Y کم‌تر یونیده شده است.
۳) محلول اسید X، pH کم‌تری از محلول اسید Y دارد.
۴) ۱ مول از اسید Y جهت خنثی‌شدن با محلول ۰/۱ M سود در مقایسه با ۱ مول اسید X حجم بیشتری از سود مصرف می‌کند.

۸۴- ۲۵۰ میلی‌لیتر محلول ۰/۰۱ مولار هیدروکلریک اسید داریم. برای این‌که pH این محلول یک واحد اسیدی‌تر شود، چند میلی‌لیتر HCl گازی در شرایط استاندارد باید به محلول اضافه شود؟ (از تغییر حجم صرف‌نظر شود.)

۱) ۵۰ ۲) ۵۶ ۳) ۵۰۴ ۴) ۵۶۰

۸۵- اگر ۰/۰۰۵ مول K_2O را در آب حل کرده و حجم محلول را به ۱ لیتر افزایش دهیم، pH محلول برابر است با:

۱) ۱۰/۷ ۲) ۱۲ ۳) ۱۲/۳ ۴) ۱۳/۲

۸۶- اگر pH باران در منطقهٔ A برابر ۴/۵ و pH باران در منطقهٔ B برابر ۵/۵ باشد، چه ارتباطی بین غلظت $[H^+]$ باران این دو منطقه وجود دارد؟

۱) $\frac{[H^+]_A}{[H^+]_B} = 5$ ۲) $\frac{[H^+]_B}{[H^+]_A} = 5$ ۳) $\frac{[H^+]_A}{[H^+]_B} = 10$ ۴) $\frac{[H^+]_B}{[H^+]_A} = 10$

۸۷- برای تهیهٔ یک محلول با pH برابر ۲، در شرایط استاندارد چند لیتر گاز HCl در ۰/۵ لیتر آب باید حل شود؟ (از تغییر حجم صرف‌نظر شود.)

۱) ۰/۱۱۲ ۲) ۰/۲۲۴ ۳) ۱/۱۲ ۴) ۲/۲۴

۸۸- ۲/۱۶ گرم دی‌نیتروژن پنتااکسید را در مقداری آب حل می‌کنیم تا pH محلول به ۲ برسد. حجم محلول حاصل برحسب لیتر برابر است با:
$(N_2O_5 = 108\ g.mol^{-1})$

۱) ۲ ۲) ۳ ۳) ۴ ۴) ۵

BOOK BANK

۸۹- اگر یک محلول حاوی $۱/۲\times۱۰^{-۲}$ مول HCl توسط ۱۰۰ mL از $Sr(OH)_۲$ به طور کامل خنثی شود، غلظت $Sr(OH)_۲$ برابر است با:

۱) ۶×۱۰^{-۳} M ۲) ۶×۱۰^{-۲} M ۳) $۱/۲\times۱۰^{-۱}$ M ۴) $۲/۴\times۱۰^{-۱}$ M

۹۰- اگر به ۲ لیتر محلول ۰/۰۲ M از HCl، ۰/۰۴ مول NaOH اضافه شود، pH این محلول برابر کدام است؟

۱) صفر ۲) ۱/۴ ۳) ۱/۷ ۴) ۷

۹۱- اگر ۰/۸ گرم سدیم هیدروکسید جامد به ۱۰۰ mL محلول ۰/۱ مولار هیدروکلریک اسید اضافه شود، pH محلول حاصل، کدام است و چند مول فراوردهٔ یونی تشکیل می‌شود؟ $(H=۱, O=۱۶, Na=۲۳ : g.mol^{-۱})$ (سراسری ریاضی ۹۴)

۱) ۱۳، ۰/۰۱ ۲) ۱۳، ۰/۰۲ ۳) ۱۲، ۰/۰۱ ۴) ۱۲، ۰/۰۲

۹۲- pH دو لیتر محلول هیدروکلریک اسید ۰/۰۱ مولار، با افزودن چند گرم پتاسیم هیدروکسید $(M=۵۶\ g.mol^{-۱})$ به تقریب دو برابر می‌شود؟ (سراسری ریاضی ۹۳)

۱) ۰/۵ ۲) ۰/۵۵ ۳) ۱/۰۰ ۴) ۱/۱

۹۳- در صورتی که ۱ mL از محلول غلیظ اسید قوی HA با چگالی $۲/۵\ g.L^{-۱}$ تا ۱۰۰ mL رقیق و به آن ۱۶ g/۰ سدیم هیدروکسید افزوده شود، محلولی با pH = ۲ حاصل می‌شود. درصد جرمی محلول اسید اولیه کدام است؟ $(NaOH=۴۰, HA=۱۵۰ : g.mol^{-۱})$ (سراسری تجربی ۹۳)

۱) ۶ ۲) ۲۴ ۳) ۳۰ ۴) ۳۶

۹۴- ۱/۲۹۴ گرم از یک کربنات فلزی $(MCO_۳)$ با ۵۰۰ mL محلول HCl ۰/۱M واکنش می‌دهد. اضافی HCl سپس با ۳۲/۸ mL از NaOH ۰/۵۸۸ M خنثی می‌شود. فلز M کدام است؟ $(C=۱۲, O=۱۶, Mg=۲۴, Ca=۴۰, Cu=۶۳, Zn=۶۵ : g.mol^{-۱})$

۱) Mg ۲) Ca ۳) Cu ۴) Zn

۹۵- در ۲۵۰ mL از نیتریک اسید با pH = ۵ چند مول $NO_۳^-$ وجود دارد؟

۱) ۵×۱۰^{-۶} ۲) ۵×۱۰^{-۵} ۳) $۲/۵\times۱۰^{-۵}$ ۴) $۲/۵\times۱۰^{-۶}$

۹۶- یک قرص آسپرین دارای ۳۲۵ میلی‌گرم استیل‌سالیسیلیک اسید $(C_۹H_۷O_۴)$ است. pH محلول حاصل از حل‌شدن ۲۰ قرص آسپرین در ۲۳۷ میلی‌لیتر از آب مقطر چه‌قدر است؟ (فرض کنید قرص‌های آسپرین سالیسیلیک خالص هستند.) $(K_a=۳/۲۶\times۱۰^{-۴}, HC_۹H_۷O_۴=۱۸۰ : g.mol^{-۱}, \log ۷=۰/۸۵)$

۱) ۲/۶۸ ۲) ۲/۱۵ ۳) ۳/۲ ۴) ۳/۶۸

۹۷- شکل مقابل که مربوط به محل برخورد ۲ مسیر رودخانه است را در نظر بگیرید. یک سیستم سادهٔ تصفیه که شامل بخش‌های رسوب‌گیری (لای‌گیری)، کنترل pH، فیلترهای ماسه‌ای و بخش کلردارکردن است در محل اتصال ۲ رودخانه تعبیه شده است. آب از هر دو رودخانهٔ X و Y به سیستم تصفیه وارد می‌شود. با توجه به شکل کدام‌یک از گزینه‌های زیر درست است؟

۱) pH رودخانه X کوچک‌تر از pH رودخانهٔ Y است.

۲) آب هر دو رودخانه خنثی بوده و pH = ۷ دارند.

۳) سختی آب رودخانهٔ X بیشتر از رودخانهٔ Y است.

۴) صابون سدیم در آب رودخانهٔ Y خوب کف نمی‌کند.

۹۸- ۲۰ گرم کلسیم کربنات با مقدار اضافی HCl واکنش می‌دهد، حجم گاز $CO_۲$ حاصل چه‌قدر است؟ (حجم مولی $CO_۲$ را برابر ۲۳ در نظر بگیرید.) $(Ca=۴۰, O=۱۶, C=۱۲ : g.mol^{-۱})$

۱) ۲/۳ ۲) ۴/۶ ۳) ۲۳ ۴) ۴۶

۹۹- کدام‌یک از موارد زیر در مورد اسید معده نادرست است؟

۱) در بدن انسان، روزانه بین ۲ تا ۳ لیتر شیرهٔ معده تولید می‌شود که غلظت یون هیدرونیوم در آن حدود $۰/۰۳\ mol.L^{-۱}$ است.

۲) pH معده در حالت استراحت بزرگ‌تر از زمان هضم غذا است.

۳) دیوارهٔ داخلی معده به طور طبیعی مقدار کمی از یون‌های هیدرونیوم را دوباره جذب می‌کند.

۴) سدیم کربنات یکی از مواد مؤثر تشکیل‌دهندهٔ ضد اسید است.

۱۰۰- کدام‌یک از مواد زیر جزء مواد تشکیل‌دهندهٔ ضد اسیدها نیست؟

۱) $Al(OH)_۳$ ۲) $Mg(OH)_۲$ ۳) $K_۲CO_۳$ ۴) $NaHCO_۳$

۱۰۱- کدام‌یک از موارد زیر در مورد آسپرین نادرست است؟

۱) فرمول مولکولی آن $C_۹H_۸O_۴$ است.

۲) یک داروی ضد اسید معده است.

۳) تعداد جفت‌الکترون‌های پیوندی در آسپرین از ۳ برابر تعداد جفت‌الکترون‌های ناپیوندی آن، ۲ واحد بیشتر است.

۴) مصرف روزانهٔ یک قرص آسپرین بچه، سبب می‌شود بیماران قلبی مشکلات کم‌تری داشته باشند.

۱۰۲- شیر منیزی یک محلول سیرشده از $Mg(OH)_2$ است. حلالیت آن در آب در دمای ۲۰ درجهٔ سانتیگراد برابر ۹/۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ mL آب است. pH محلول سیرشدهٔ $Mg(OH)_2$ در دمای ۲۰ °C چه‌قدر است؟ $(Mg(OH)_2 = 58\ g.mol^{-1})$

۱) ۱۱/۰۲ ۲) ۱۱/۵۰ ۳) ۱۲/۴۹ ۴) ۱۲/۹۸

۱۰۳- آسپرین (استیل‌سالیسیلیک اسید $C_9H_8O_4$) یک اسید ضعیف است. معادلهٔ یونش آن در زیر نشان داده شده است. pH محلول ۰/۱ مولار آسپرین برابر ۲/۲۷ است. (K_a آسپرین برابر است با: $53/7 \times 10^{-3} = 10^{-2/27}$)

$$C_9H_8O_4(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + C_9H_7O_4^-(aq)$$

۱) 2×10^{-3} ۲) 3×10^{-3} ۳) 2×10^{-4} ۴) 3×10^{-4}

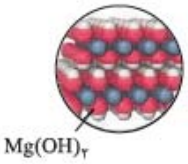
۱۰۴- واکنش بین یک نوع ضد اسید و هیدروکلریک اسید به صورت زیر است. جرم گاز CO_2 آزادشده از واکنش ۰/۵ g $NaHCO_3$ و مقدار اضافی HCl به تقریب چند گرم است؟ $(NaHCO_3 = 84, CO_2 = 44 : g.mol^{-1})$

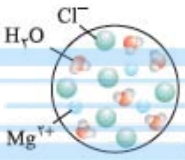
$$NaHCO_3(s) + HCl(aq) \rightleftharpoons NaCl(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$$

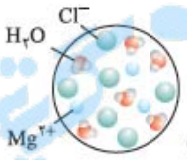
۱) ۰/۲۶۴ ۲) ۲/۶۴ ۳) ۲۲/۴ ۴) ۲۴/۸

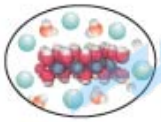
۱۰۵- در شکل‌های مقابل واکنش هیدروکلریک اسید با شیر منیزی نشان داده شده است. کدام‌یک از گزینه‌های زیر می‌تواند نشان‌دهندهٔ محلول (ب) باشد؟

(آ) (ب) (پ)

۱) 
$Mg(OH)_2$

۲) 
Cl^- H_2O Mg^{2+}

۳) 
Cl^- H_2O Mg^{2+}

۴) 

۱۰۶- در شکل زیر مقادیر pH برای برخی از مواد نشان داده شده است. براساس مقادیر pH نشان داده‌شده، کدام‌یک از عبارت‌های بیان‌شده در مورد غلظت یون‌های H^+ درست است؟

۱) غلظت یون H^+ صابون ۲ برابر آب باران است.

۲) غلظت یون H^+ سفیدکننده 10^6 مرتبه بزرگ‌تر از شیر است.

۳) غلظت یون H^+ اسید معده ۳ مرتبه بزرگ‌تر از صابون است.

۴) غلظت یون H^+ در آب مقطر 10^3 مرتبه بزرگ‌تر از صابون است.

BOOK BANK

۳۷-

$$K_w = [H^+][OH^-]$$

$$۱\times۱۰^{-۱۴} = [H^+]\times ۲/۵\times۱۰^{-۶}\ mol.L^{-۱}$$

$$[H^+] = \frac{۱\times۱۰^{-۱۴}}{۲/۵\times۱۰^{-۶}} = ۴\times۱۰^{-۹}\ mol.L^{-۱}$$

۳۸- خاصیت اسیدی یک محلول با استفاده از غلظت $H_۳O^+$ تعیین می‌شود، هر چه‌قدر غلظت $H_۳O^+$ بیشتر باشد، خاصیت اسیدی بیشتر است. ابتدا غلظت $H^+(aq)$ را برای هر ۴ محلول محاسبه می‌کنیم و براساس نتیجهٔ حاصل مشخص می‌شود خاصیت اسیدی کدام محلول بیشتر است.

محلول ۱: $[H_۳O^+] = ۱۰^{-۳}\ mol.L^{-۱}$

محلول ۲: $[H_۳O^+] = ۱۰^{-۱۲}\ mol.L^{-۱}$

محلول ۳: $[OH^-] = ۱۰^{-۱۲} \Rightarrow [H_۳O^+] = \frac{۱۰^{-۱۴}}{۱۰^{-۱۲}} = ۱۰^{-۲}\ mol.L^{-۱}$

محلول ۴: $[OH^-] = ۱۰^{-۹} \Rightarrow [H_۳O^+] = \frac{۱۰^{-۱۴}}{۱۰^{-۹}} = ۱۰^{-۵}\ mol.L^{-۱}$

پس محلول (۳) خاصیت اسیدی بیشتری دارد. $\Rightarrow$

۳۹- کاهش ـ کاهش

۴۰- لیتیم هیدروکسید به صورت کامل در آب یونیده می‌شود بنابراین غلظت OH^- برابر است با:

$$[OH^-] = ۵\times۱۰^{-۲}\ mol.L^{-۱}$$

$$[H^+] = \frac{۱۰^{-۱۴}}{۵\times۱۰^{-۲}} = ۲\times۱۰^{-۱۲}\ mol.L^{-۱}$$

$$pH = -\log[H^+] = -\log(۲\times۱۰^{-۱۲}) = -(\log۲ + \log۱۰^{-۱۲}) = -(۰/۳ - ۱۲) = ۱۲/۷$$

۴۱-

$$\log۱/۷ = ۰/۲۳$$

$$pH = -\log[H^+] = -\log ۱/۷\times۱۰^{-۳} = -(\log۱/۷ + (-۳)) = ۳ - \overbrace{\log۱/۷}^{۰/۲۳} = ۲/۷۷$$

۴۲- از مقایسهٔ pH دو محلول و یا غلظت H^+ دو محلول می‌توان در خصوص میزان اسیدی‌بودن دو محلول، بنابراین:

(محلول A) $pH = ۲/۷ \Rightarrow [H^+] = ۱۰^{-pH} = ۱۰^{-۲/۷} = ۲\times۱۰^{-۳}\ mol.L^{-۱}$

با مقایسهٔ غلظت H^+ دو محلول مشخص می‌شود محلول B خاصیت اسیدی بیشتری دارد.

$$[H^+]: \underbrace{۲\times۱۰^{-۳}}_{A} < \underbrace{۱/۸\times۱۰^{-۲}}_{B}$$

۴۳- ابتدا غلظت مولی (مولاریته) محلول باید محاسبه شود:

$$mol\ Ca(OH)_۲ = mol\ Ca^{۲+} = ۰/۰۲۵\ mol$$

$$[Ca(OH)_۲] = \frac{۸Ca(OH)_۲}{V} = \frac{۰/۰۲۵\ mol\ Ca(OH)_۲}{۱\ L} = ۰/۰۲۵\ mol.L^{-۱}$$

کلسیم هیدروکسید یک باز ۲ ظرفیتی است بنابراین غلظت یون هیدروکسید آن دو برابر مولاریتهٔ محلول است:

$$[OH^-] = ۲\times M = ۲\times۰/۰۲۵ = ۰/۰۵\ mol.L^{-۱}$$

$$[H^+] = \frac{۱۰^{-۱۴}}{۵\times۱۰^{-۲}} = ۲\times۱۰^{-۱۳}\ mol.L^{-۱}$$

$$pH = -\log[H^+] = pH = -\log(۲\times۱۰^{-۱۳}) = -(\log۲ + \log۱۰^{-۱۳}) = -(۰/۳ - ۱۳) = ۱۲/۷$$

۴۴- (آ)

$$[H^+] = ۱۰^{-pH} = ۱۰^{-۶/۵} = ۱۰^{-۷+۰/۵} = ۱۰^{-۷}\times۱۰^{۰/۵} = ۱۰^{-۷}\times۱۰^{\log۳} = ۳\times۱۰^{-۷}\ mol.L^{-۱}$$

$$[OH^-] = \frac{۱۰^{-۱۴}}{[H^+]} = \frac{۱۰^{-۱۴}}{۳\times۱۰^{-۷}} = ۳/۳\times۱۰^{-۸}\ mol.l^{-۱}$$

(ب)

$$pH = ۴/۲ \Rightarrow [H^+] = ۱۰^{-۴/۲} = ۱۰^{-۴}\times۱۰^{-۰/۲} = ۶/۳\times۱۰^{-۵}\ mol.L^{-۱}$$

$$[OH^-] = \frac{۱۰^{-۱۴}}{۶/۳\times۱۰^{-۵}} \simeq ۱/۵\times۱۰^{-۱۰}\ mol.L^{-۱}$$

ب

$$CaCO_3(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow CaSO_4(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$$

$$\underset{\text{۱ مول}}{CaCO_3(s)} \sim \underset{\text{۱ مول}}{H_2SO_4(aq)}$$

$$\text{۱ L آب دریا} \times \frac{۶/۳\times۱۰^{-۵}\ mol\ H^+}{۱\ L} \times \frac{۱\ mol\ H_2SO_4}{۲\ mol\ H^+} \times \frac{۱\ mol\ CaCO_3}{۱\ mol\ H_2SO_4} \times \frac{۱۰۰\ g\ CaCO_3}{۱\ mol\ CaCO_3} \simeq ۳/۱۵\times۱۰^{-۳}\ g\ CaCO_3$$

۴۵- باران اسیدی به خاطر وجود سولفوریک اسید و نیتریک اسید در آن است. این اسیدها از آلاینده‌های $SO_2(g)$ ، $SO_3(g)$ و $NO_2(g)$ موجود در هوا تشکیل می‌شوند. این اکسیدهای نافلزی، اکسیدهای اسیدی هستند که در اثر حل‌شدن در آب اسیدهای بالا را تولید می‌کنند.

۴۶- ابتدا غلظت OH^- در محلول با $pH = ۱۳/۶$ محاسبه می‌شود.

$$[H^+] = ۱۰^{-pH} = ۱۰^{-۱۳/۶} \ , [OH^-] = \frac{۱۰^{-۱۴}}{۱۰^{-۱۳/۶}} = ۱۰^{-۰/۴}$$

$$[OH^-] = ۱۰^{-۰/۴} = ۱۰^{-۱} \times ۱۰^{۰/۶} = ۱۰^{-۱} \times (۱۰^{۰/۳})^۲ = ۲^۲ \times ۱۰^{-۱} = ۴\times۱۰^{-۱}\ mol.L^{-۱}$$

سپس غلظت OH^- در محلول با $pH = ۱۲$ محاسبه می‌شود.

$$pH = ۱۲ \Rightarrow [H^+] = ۱۰^{-۱۲}\ mol.L^{-۱}$$

$$[OH^-] = \frac{۱۰^{-۱۴}}{۱۰^{-۱۲}} = ۱۰^{-۲} = ۰/۰۱\ mol.L^{-۱}$$

غلظت OH^- محلول نهایی به صورت مقابل محاسبه می‌شود.

$$pH = ۱۳/۳ \Rightarrow [H^+] = ۱۰^{-۱۳/۳}\ mol.L^{-۱}$$

$$[OH^-] = \frac{۱۰^{-۱۴}}{۱۰^{-۱۳/۳}} = ۱۰^{-۰/۷}\ mol.L^{-۱}$$

$$\text{نهایی } [OH^-] = ۱۰^{-۰/۷} = ۱۰^{-۱} \times ۱۰^{۰/۳} = ۲\times۱۰^{-۱} = ۰/۲\ mol.L^{-۱}$$

با توجه به این‌که فقط در محیط OH^- داریم، بنابراین غلظت OH^- برابر است با:

$$\text{نهایی } [OH^-] = \frac{\text{تعداد مول } OH^- \text{ محلول دوم} + \text{تعداد مول } OH^- \text{ محلول اول}}{V_۱ + V_۲\ (\text{مجموع حجم‌ها برحسب میلی‌لیتر})} = \frac{M_۱V_۱ + M_۲V_۲}{V_۱ + V_۲}$$

$$۰/۲ = \frac{۴\times۱۰^{-۱}\times V_۱ + ۱۰^{-۲}\times ۲}{۲ + V_۱} \Rightarrow V_۱ = ۱/۹\ L$$

۴۷- ابتدا غلظت OH^- را از روی pH حساب می‌کنیم:

$$pH = ۱۳ \Rightarrow [H^+] = ۱۰^{-pH} \Rightarrow [H^+] = ۱۰^{-۱۳}\ mol.L^{-۱}$$

$$[OH^-] = \frac{۱۰^{-۱۴}}{۱۰^{-۱۳}} = ۱۰^{-۱} = ۰/۱\ mol.L^{-۱}$$

چون باز قوی است غلظت مولی باز M_b با غلظت OH^- برابر است. پس:

$$M_b = ۰/۱\ mol.L^{-۱}$$

برای واکنش خنثی‌شدن داریم:

$$M_a V_a n_a = M_b V_b n_b$$

چون اسید و باز یک‌ظرفیتی‌اند، پس داریم:

$$۰/۱\times V_{HCl} \times ۱ = ۰/۱\times ۲۰\times ۱ \Rightarrow V_{HCl} = ۲۰\ \text{میلی‌لیتر}$$

۴۸- این مسئله از دو روش حل می‌شود. در این‌جا ما از روش استوکیومتری حل می‌کنیم (ولی شما می‌توانید از روش تناسب هم حل کنید.)

$$۱۶\ mL\ H_2SO_4 \times \frac{۰/۲\ mol\ H_2SO_4}{۱\ L\ H_2SO_4} \times \frac{۲\ mol\ KOH}{۱\ mol\ H_2SO_4} \times \frac{۱\ L\ KOH}{۰/۸\ mol\ KOH} = ۴\ mL\ KOH$$

۴۹- استفاده از روش استوکیومتری:

$$۲۰\ mL\ NaClO \times \frac{۱\ L\ NaClO}{۱۰۰۰\ mL\ NaClO} \times \frac{۰/۳\ mol\ NaClO}{۱\ L\ NaClO} \times \frac{۲\ mol\ HCl}{۱\ mol\ NaClO} \times \frac{۱\ L\ HCl}{۰/۲\ mol\ HCl} \times \frac{۱۰۰۰\ mL\ HCl}{۱\ L\ HCl} = ۶۰\ mL\ HCl$$

۵۰-

$$۲Al(s) + ۶HCl(aq) \rightarrow ۲AlCl_3(aq) + ۳H_2(g)$$

$$Mg(s) + ۲HCl(aq) \rightarrow MgCl_2(aq) + H_2(g)$$

۵۱- آ خیر. $Al(OH)_3$ و $Mg(OH)_2$ خیلی در آب محلول نیستند، بنابراین غلظت OH^- حاصل از این مواد خیلی زیاد نبوده و به دیوارهٔ معده آسیب نمی‌رسانند، از طرفی سدیم بی‌کربنات $NaHCO_3$ قدرت بازی کمی داشته و غلظت OH^- حاصل از آن پایین است. اما NaOH یک باز قوی بوده و استفاده از آن به دیوارهٔ معده به شدت آسیب می‌زند.

ب

$$Al(OH)_3(s)+3HCl(aq) \rightarrow AlCl_3(aq)+3H_2O(l)$$

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

$$NaHCO_3(s)+HCl(aq) \rightarrow NaCl(aq)+H_2O(l)+CO_2(g)$$

۵۲- آ

$$[H^+]=10^{1/52}=10^{-2}\times 10^{0/48}=3\times 10^{-2}$$

ب

$$CaCO_3(s)+2HCl(aq) \rightarrow CO_2(g)+H_2O(l)+CaCl_2(aq) \qquad CaCO_3(s) \simeq 2HCl$$

$$2\text{ قرص}\times\frac{600\text{ mg } CaCO_3}{1\text{ قرص}}\times\frac{1\text{ g}}{1000\text{ mg}}\times\frac{1\text{ mol } CaCO_3}{100\text{ g } CaCO_3}\times\frac{2\text{ mol HCl}}{1\text{ mol } CaCO_3}\times\frac{36/5\text{ g HCl}}{1\text{ mol HCl}}=0/876\text{ g}$$

ب

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

$$1\text{ قاشق غذاخوری}\times\frac{3\text{ چای‌خوری}}{1\text{ غذاخوری}}\times\frac{400\text{ mg } Mg(OH)_2}{1\text{ چای‌خوری}}\times\frac{1\text{ g}}{1000\text{ mg}}\times\frac{1\text{ mol } Mg(OH)_2}{58\text{ g } Mg(OH)_2}$$

$$\times\frac{2\text{ mol HCl}}{1\text{ mol } Mg(OH)_2}\times\frac{1\text{ L HCl}}{3\times 10^{-2}\text{ mol HCl}}\times\frac{1000\text{ mL HCl}}{1\text{ L HCl}}\simeq 1380\text{ mL HCl}$$

۵۳- ابتدا واکنش موازنه‌شده را می‌نویسیم:

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

$$Mg(OH)_2 \simeq 2HCl$$

$$aM_a bv_a = bn_b \Rightarrow 1\times 0/05\times 0/2=2\times n \Rightarrow n_{Mg(OH)_2}=0/005 \Rightarrow Mg(OH)_2\text{ وزن}=n\times 58=0/29\text{ g}$$

۵۴- آ

$$[H^+]=\frac{10^{-14}}{[OH^-]}=\frac{10^{-14}}{0/003}=3/3\times 10^{-12}\text{ M}$$

ب به خاطر این‌که غلظت $[OH^-]>[H^+]$ است، پس محلول بازی است.

۵۵- به خاطر این‌که حجم محلول مشخص نیست ما آن را همان ۱۰۰ mL در نظر می‌گیریم. محلول حاصل یک محلول بازی است، بنابراین ما روی غلظت OH^- متمرکز می‌شویم.

$$\text{مولاریته } M\ Ca(OH)_2=\frac{0/16\text{ g } Ca(OH)_2\times\frac{1\text{ mol } CaCO(H)_2}{74/1\text{ g } Ca(OH)_2}}{0/1\text{ L}}\simeq 0/022\text{ mol.L}^{-1}$$

$$[OH^-]=\frac{0/22\text{ mol } Ca(OH)_2}{1\text{ L}}\times\frac{2\text{ mol } OH^-}{1\text{ mol } Ca(OH)_2}=0/044\text{ mol.L}^{-1}\ ,\ [H^+]=\frac{10^{-14}}{0/044}=2/27\times 10^{-13}$$

$$pH=-\log[H^+]=-\log(2/27\times 10^{-13})=13-\log 2/27=12/64$$

۵۶-

	$HOCl$	$\rightleftharpoons$	H^+	+	OCl^-
غلظت‌های اولیه:	$0/15\text{ M}$		0		0
غلظت‌های تعادلی:	$0/15-x$		x		x

$$pH=4/18 \Rightarrow [H^+]=10^{-4/18}=10^{-5}\times 10^{0/82}=6/6\times 10^{-5}\text{ mol.L}^{-1}=x$$

$$K_a=\frac{[H^+][OH^-]}{[HOCl]}=\frac{(6/6\times 10^{-5})^2}{0/15-6/6\times 10^{-5}}\simeq 2/9\times 10^{-8}$$

۵۷- HX. چون pH هر دو محلول برابر است پس آن محلولی که مقدار مول اولیهٔ اسید کم‌تری داشته باشد، حاوی اسید قوی‌تری بوده است. بنابراین مول هر اسید را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{تعداد مول } HX=1\text{ L HX}\times\frac{16/9\text{ g HX}}{1\text{ L HX}}\times\frac{1\text{ mol HX}}{180\text{ g.HX}}=9/39\times 10^{-2}\text{ mol}=0/094\text{ mol}$$

$$\text{تعداد مول } HY=1\text{ L HY}\times\frac{9/05\text{ g HY}}{1\text{ L HY}}\times\frac{1\text{ mol HY}}{78\text{ g.HY}}=0/12\text{ mol}$$

بنابراین HX، اسید قوی‌تری است.

۶۲- گزینهٔ ۴ چون pH دو اسید با هم برابر است پس میزان اسیدی‌بودن ۲ محلول با هم برابر است.

(۱) K_a دو محلول با هم برابر نیست و قطعاً $K_a(HB) > K_a(HA)$ است. (چون اسید HB با توجه به غلظت اولیهٔ کم‌تر، به اندازهٔ اسید HA یون H^+ تولید کرده است!)

(۲) با توجه به توضیح بالا برای (۱) اشتباه است.

(۳) قدرت اسیدی ۲ اسید با توجه به K_a متفاوت، فرق می‌کند.

۶۳- گزینهٔ ۱ اتانوئیک اسید یک اسید ضعیف است، بنابراین چون کامل یونیده نمی‌شود، غلظت $[H^+]$ آن از غلظت $[H^+]$ محلول هیدروکلریک اسید است یعنی pH آن بزرگ‌تر است.

۶۴- گزینهٔ ۴ با توجه به رابطهٔ $pH = -\log[H^+]$، افزایش غلظت $[H^+]$ باعث کاهش pH خواهد شد و برعکس. البته این ارتباط یک ارتباط خطی نیست بلکه ارتباط نمایی است.

۶۵- گزینهٔ ۴ توجه داشته باشید با هر ۱۰ برابر شدن غلظت H^+ یک واحد pH کوچک‌تر خواهد شد. بنابراین با ۳ واحد افزایش pH، غلظت H^+، 10^3 مرتبه کم‌تر می‌شود.

۶۶- گزینهٔ ۱

$$\Delta pH = +\log n = \log 2 = 0/3$$

مقدار تغییر برابر ۰/۳ است. با توجه به این‌که با افزایش غلظت $[H^+]$ محیط اسیدی‌تر می‌شود؛ بنابراین pH ۰/۳ کم‌تر می‌شود. (که (۱) فقط این‌طوریه!)

۶۷- گزینهٔ ۴ ابتدا مول سود را محاسبه می‌کنیم.

$$pH = 12 \Rightarrow [H^+] = 10^{-12} \quad , \quad [OH^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-12}} \Rightarrow [OH^-] = 10^{-2}\ mol.L^{-1}$$

$$[NaOH] = [OH^-] = 10^{-2}\ mol.L^{-1} \Rightarrow mol\ NaOH = 10^{-2}\frac{mol}{L} \times 0/25\ L = 2/5 \times 10^{-3}\ mol\ NaOH$$

$$g\ NaOH = 2/5 \times 10^{-3}\ mol \times 40\frac{g}{mol} = 0/1\ g$$

۶۸- گزینهٔ ۲

$$pH = 4 \Rightarrow [H^+] = 10^{-4}$$

از آن‌جا که اسید ضعیف داریم می‌توانیم K_a را از فرمول تقریبی حساب کنیم:

$$K_a \simeq \frac{[H^+]^2}{M}$$

چون $K_a > 10^{-5}$ به دست آمد بنابراین استفاده از رابطهٔ تقریبی کار درستی بوده است.

۶۹- گزینهٔ ۱ با توجه به این‌که pH نهایی محلول مشخص است بنابراین غلظت H_3O^+ نهایی قابل محاسبه است. $pH = ۰/۷$

$[H^+]_{\text{نهایی}} = ۱۰^{-۰/۷} = ۱۰^{-۱+۰/۳} = ۱۰^{-۱} \times ۱۰^{۰/۳} = ۲ \times ۱۰^{-۱} = ۰/۲ \, mol.L^{-۱}$ $(\log ۲ = ۰/۳ \Rightarrow ۱۰^{۰/۳} = ۲)$

برای محاسبهٔ تعداد مول H^+ به صورت زیر عمل می‌کنیم. (توجه داشته باشید هر ۲ اسید قوی هستند.)

تعداد مول H^+ نهایی $= HNO_3$ حاصل از H^+ تعداد مول + HI حاصل از H^+ تعداد مول

$HI: pH = ۱ \Rightarrow [H^+] = ۱۰^{-۱} \, mol.L^{-۱}$

HI حاصل از H^+ تعداد مول $= ۱۰^{-۱} \frac{mol}{L} \times ۰/۲ L = ۰/۰۲ \, mol$

$HNO_3: pH = ۰ \Rightarrow [H^+] = ۱ \, mol.L^{-۱}$

حجم HNO_3 لازم را x فرض می‌کنیم. HNO_3 حاصل از H^+ تعداد مول $= ۱ \frac{mol}{L} \times xL = x \, mol H^+$

$[H^+]_{\text{نهایی}} = \frac{\text{تعداد مول } H^+ \text{ نهایی}}{\text{حجم محلول نهایی (L)}} \Rightarrow ۰/۲ \, mol.L^{-۱} = \frac{(۰/۰۲ + x) \, mol H^+}{(۰/۲ + x)L}$

$\Rightarrow ۰/۰۴ + ۰/۲x = ۰/۰۲ + x \Rightarrow x = ۲/۵ \times ۱۰^{-۲}$ لیتر $= ۲۵$ میلی‌لیتر

$[OH^-] = \alpha . M_b$

۷۰- گزینهٔ ۴ **روش ۱** با توجه به رابطهٔ $[OH^-] = \alpha . M_b$:

$\%\alpha = ۱۰۰ \quad (\alpha = ۱) \Rightarrow [OH^-] = \alpha M_b = ۱ \times ۱ M = ۱ M \Rightarrow [H^+] = \frac{۱۰^{-۱۴} M}{۱ M} = ۱۰^{-۱۴} M \Rightarrow pH = ۱۴$

$\%\alpha = ۵۰ \quad (\alpha = ۰/۵) \Rightarrow [OH^-] = \alpha M_b = ۰/۵ \times ۱ M = ۰/۵ M \Rightarrow [H^+] = \frac{۱۰^{-۱۴} M}{۰/۵ M} = ۲ \times ۱۰^{-۱۴} M \Rightarrow pH = ۱۳/۷$

$\%\alpha = ۰ \quad (\alpha = ۰) \Rightarrow$ فقط آب خالص داریم $\Rightarrow pH = ۷$

روش ۲ محلول باز هیچ‌گاه pH کم‌تر از ۷ ندارد پس ۲ و ۳ غلط هستند. از طرفی چون روابط pH لگاریتمی است پس نمودار خطی نمی‌تواند باشد. (یعنی ۱ هم غلط است.)

۷۱- گزینهٔ ۱ برای حل این مسئله به نکات زیر توجه کنید.

برای محاسبهٔ غلظت H^+ باید دقت کنید که ارتباط آن با غلظت اسید به صورت مقابل است: $[H^+] = \underbrace{M}_{\text{مولاریتهٔ اسید}} \times \overbrace{\alpha}^{\text{درجهٔ تفکیک اسید}}$

اسید ضعیف $HA(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + A^-(aq)$ درجهٔ تفکیک اسیدهای قوی $\alpha = ۱$

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

در لحظهٔ تعادل غلظت مواد به صورت مقابل محاسبه می‌شود:

غلظت‌های اولیه: $t = ۰ \quad [HA] = M , [H^+] = [A^-] = ۰$

غلظت‌های تعادلی: $t \quad [HA] = M - x , [H^+] = [A^-] = x \qquad x = M\alpha$

اسید ضعیف: $K_a = \frac{x^۲}{M - x} = \frac{(M\alpha)^۲}{M - M\alpha} = \frac{M(M\alpha^۲)}{M(۱ - \alpha)} = \frac{M\alpha^۲}{۱ - \alpha}$

با توجه به این‌که در اسیدهای ضعیف α خیلی کوچک است: $۱ - \alpha \simeq ۱$

بنابراین: $K_a = M\alpha^۲$ برای اسیدهای ضعیف $\Rightarrow [H^+] = M\alpha$

$[H^+]_{HCl} = M_{HCl} = ۵ \times ۱۰^{-۲}$

هیپوکلرواسید یک اسید ضعیف است $(K_a = ۱۰^{-۸})$ بنابراین:

$K_a = M\alpha^۲ \Rightarrow ۱۰^{-۸} = ۱۰^{-۲}\alpha^۲ \Rightarrow \alpha = ۱۰^{-۳}$

$[H^+]_{HClO} = M\alpha = ۱۰^{-۲} \times ۱۰^{-۳} = ۱۰^{-۵} \; , \; [OH^-]_{HClO} = \frac{۱۰^{-۱۴}}{۱۰^{-۵}} = ۱۰^{-۹}$

بنابراین: $\frac{[H^+]_{HCl}}{[OH^-]_{HClO}} = \frac{۵ \times ۱۰^{-۲}}{۱۰^{-۹}} = ۵ \times ۱۰^{۷}$

۷۲- گزینهٔ ۴ همان‌طوری که در شکل نشان داده شده است، HY یک اسید قوی است که کاملاً یونیده شده و به یون‌های H^+ و Y^- تفکیک شده است. واکنش خنثی‌شدن اسید و باز به صورت مقابل است: $H^+(aq) + OH^-(aq) \rightleftharpoons H_2O(l)$

پس تعداد یون‌های Na^+ و Y^- دست‌نخورده باقی می‌ماند پس (۱) اشتباه است.

از طرفی چون $8H^+$ و $10OH^-$ داریم، پس از واکنش $8H_2O$ تولید شده و ۲ یون OH^- باقی می‌ماند. یعنی (۴)

۷۳- گزینهٔ ۴ برای این منظور تعداد مول HCl و NaH موجود در هر محلول را محاسبه می‌کنیم.

$$\text{مولاریته (HCl)} = \frac{\text{mol HCl}}{0/025\ \text{L}} \Rightarrow \text{mol HCl} = 1\ \text{mol.L}^{-1} \times 0/025\ \text{L} = 0/025\ \text{mol HCl}$$

$$\text{مولاریته (NaOH)} = \frac{\text{mol NaOH}}{0/05\ \text{L}} \Rightarrow \text{mol NaOH} = 0/5\ \text{mol.L}^{-1} \times 0/05\text{L} = 0/025\ \text{mol NaOH}$$

با توجه به این‌که تعداد مول‌های H^+ و OH^- با هم برابر است (۰/۰۲۵ mol)، بنابراین محلول خنثی بوده و در نتیجه غلظت H^+ برابر 1×10^{-7} M است.

۷۴- گزینهٔ ۴ در یک محلول آبی حاصل‌ضرب $[H^+]$ و $[OH^-]$ در دمای ثابت یک عدد ثابتی است، بنابراین افزایش غلظت یکی باعث کاهش غلظت دیگری می‌شود.

۷۵- گزینهٔ ۳ هیدروفلوریک اسید یک اسید ضعیف است که واکنش یونش آن تعادلی است، پس داریم: $HF(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + F^-(aq)$

$$K_a = \frac{[H^+][F^-]}{[HF]}$$

رابطهٔ بالا را می‌توان به صورت مقابل هم نوشت: $K_a[HF] = [H^+][F^-]$

۷۶- گزینهٔ ۱ مقدار عددی ثابت تعادل خودیونش آب (K_w) در دمای ثابت مقدار ثابتی است و با غلظت H^+ تغییری نمی‌کند.

۷۷- گزینهٔ ۴ فورمیک اسید یک اسید ضعیف است و تا حدودی در آب تفکیک می‌شود.

$$pH = 2/4 \rightarrow [H^+] = 10^{-2/4} = 10^{-2} \times 10^{-0/4} = 0/4 \times 10^{-2} = 4\times10^{-3}\ \text{mol.L}^{-1}$$

	$HCOOH(aq)$	$\rightleftharpoons$	$H^+(aq)$	+	$HCOO^-(aq)$
غلظت‌های اولیه (M):	۰/۱		۰		۰
غلظت‌های تعادلی (M):	$(0/1-4\times10^{-3})$		4×10^{-3}		4×10^{-3}

$$K_a = \frac{[H^+][HCOO^-]}{[HCOOH]} = \frac{(4\times10^{-3})(4\times10^{-3})}{(0/1-4/1\times10^{-3})} = \frac{16\times10^{-6}}{0/096} = \frac{16\times10^{-6}}{9/6\times10^{-2}} = 1/7\times10^{-4}$$

۷۸- گزینهٔ ۲ آمونیاک در آب ابتدا حل شده و $NH_4OH(aq)$ تولید می‌کند. چون آمونیاک کاملاً در آب حل می‌شود غلظت NH_4OH را با غلظت اولیهٔ آمونیاک برابر می‌گیریم.

	$NH_4OH(aq)$	$\rightleftharpoons$	$NH_4^+(aq)$	+	$OH^-(aq)$
غلظت‌های اولیه (M):	۰/۴		۰		۰
غلظت‌های تعادلی (M):	$(0/4-x)$		x		x

$$K_b = \frac{[NH^+][OH^-]}{[NH_4OH]} = \frac{x^2}{0/4-x} = 1/8\times10^{-5}$$

چون آمونیاک باز ضعیفی است ($K_b \ll 1$) و سؤال pH را تقریبی خواسته، فرض می‌کنیم $0/4 - x \simeq 0/4$ پس:

$$1/8\times10^{-5} = \frac{x^2}{0/4} \Rightarrow x^2 = 7/2\times10^{-6} \Rightarrow x \simeq 2/7\times10^{-3}\ \text{M}$$

بنابراین: $[OH^-] = 2/7\times10^{-3}\ \text{mol.L}^{-1}$, $[H^+] = \frac{10^{-14}}{2/7\times10^{-3}} = 3/7\times10^{-12}\ \text{mol.L}^{-1}$

$$pH = -\log[H^+] = -\log 3/7\times10^{-12} = 11/43$$

۷۹- گزینهٔ ۲

	$HClO(aq)$	$\rightleftharpoons$	$H^+(aq)$	+	$ClO^-(aq)$
غلظت‌های اولیه (M):	۰/۰۰۰۷۱		۰		۰
غلظت‌های تعادلی (M):	$(0/0007\text{۱}-x)$		x		x

$K_a = \frac{[H^+][ClO^-]}{[HClO]} = \frac{x^2}{(0/00071 - x)} = 3/5\times10^{-8} \Rightarrow x^2 = 3/5\times10^{-8}\times0/00071 = 2/5\times10^{-11}$ بنابراین: $K_a < 10^{-5}$

$0/00071$ تخمین می‌زنیم

$[H^+] = x = \sqrt{2/5\times10^{-11}} = 0/5\times10^{-5} = 5\times10^{-6}\ mol.L^{-1}$

$pH = -\log[H^+] = -\log 5\times10^{-6} = 5/3$

۸۰- گزینهٔ ۴ $M\ HCl = 0/01\ mol.L^{-1} : [H^+] = 10^{-2}\ mol.L^{-1} \Rightarrow pH = 2$

$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$

در لحظهٔ تعادل: $M - 0/01 \quad 0/01 \quad 0/01$

$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} \Rightarrow 5\times10^{-5} = \frac{10^{-4}}{M - 0/01} \Rightarrow M - 0/01 = \frac{10}{5} \Rightarrow M - 0/01 = 2 \xrightarrow{\text{با تقریب}} M \simeq 2\ mol.L^{-1}$

$\frac{M\ HA}{M\ HCl} = \frac{2}{0/01} = 200$

۸۱- گزینهٔ ۱ بوتیریک اسید یک کربوکسیلیک اسید است که قدرت اسیدی آن ضعیف است. بنابراین می‌توانیم به صورت زیر مسئله را حل کنیم.

$CH_3CH_2CH_2COOH \rightleftharpoons CH_3CH_2CH_2COO^- + H^+$

غلظت‌های اولیه (M): $0/25 \quad 0 \quad 0$

غلظت‌های تعادلی (M): $(0/25 - x) \quad x \quad x$

$pH = 2/72 \rightarrow [H^+] = 10^{-2/72} = 10^{-3}\times10^{0/28} = 10^{-3}\times10^{4(0/07)} = 3\times(1/175)^4 = 1/9\times10^{-3}\ mol.L^{-1}$

$K_a = \frac{[H^+][CH_3CH_2CH_2COO^-]}{[CH_3CH_2CH_2COOH]} = \frac{x^2}{0/25 - x} = \frac{(1/9\times10^{-3})^2}{0/25 - 1/9\times10^{-3}} = \frac{3/6\times10^{-6}}{2/4\times10^{-1}} = \frac{3}{2}\times10^{-5} = 1/5\times10^{-5}$

۸۲- گزینهٔ ۳ مشابه سؤال بالا غلظت‌ها را می‌گذاریم.

$HA(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + A^-(aq)$

$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} \Rightarrow 5/5\times10^{-5} = \frac{[H^+][A^-]}{0/65} \Rightarrow \underbrace{[H^+][A^-]}_{x^2} = 5/5\times10^{-5}\times0/65$

$x^2 = 0/65\times5/5\times10^{-5} = 3/6\times10^{-5} \Rightarrow [H^+] = x = \sqrt{36\times10^{-6}} = 0/6\times10^{-2} = 6\times10^{-3}$

$pH = -\log[H^+] = -\log 6\times10^{-3} = -(\log 6 + \log 10^{-3})$

$(\log 6 = \log 3\times2 = \log 3 + \log 2 = 0/5 + 0/3 = 0/8) \Rightarrow pH = -(0/8 - 3) = 2/2$

۸۳- گزینهٔ ۲ چون اسید X قوی‌تر از اسید Y است، پس pH آن کوچک‌تر از pH اسید Y است.

۱) نتیجه‌گیری گزینه در حالت کلی درست نیست و ممکن است Y اسید ضعیف باشد و کامل یونیده نشود.

۲) اسید X قوی‌تر از Y است پس بیشتر یونیده می‌شود.

۴) اسید قوی‌تر حجم بیشتری از سود جهت خنثی‌شدن لازم دارد.

۸۴- گزینهٔ ۳ ابتدا pH محلول HCl، $0/01$ مولار را حساب می‌کنیم.

$pH = -\log[H^+] = 2 \xrightarrow{\text{یک واحد اسیدی}} pH = 1 \Rightarrow [H^+]_{\text{ثانویه}} = 0/1\ mol.L^{-1}$ پس از تغییر pH

این مقدار بایستی توسط HCl گازی تأمین شود.

تغییر غلظت $H^+ = 0/1 - 0/01 = 0/09\ mol.L^{-1}$

تغییر مول H^+ لازم: $0/25\ L\times\frac{0/09}{1\ L} = 0/0225\ mol$

$HCl(g) + H_2O(l) \rightarrow HCl(aq) + H_2O(l) \qquad HCl(g) \simeq HCl(aq)$

حالا مقدار حجم گاز HCl واردشده را حساب می‌کنیم:

$0/0225\ mol\ HCl\times\frac{22/4\ L\ HCl}{1\ mol\ HCl}\times\frac{1000\ mL}{1\ L} = 504\ mL\ HCl(g)$

۸۵- گزینهٔ ۲ K_2O یک اکسید بازی است که در اثر انحلال در آب، باز KOH تولید می‌کند.

$$K_2O(s) + H_2O(l) \rightarrow 2KOH(aq) \rightarrow 2K^+(aq) + 2OH^-(aq)$$

پس باید تعداد مول OH^- تولیدشده را محاسبه کنیم.

$$= 0/005 \text{ mol } K_2O \times \frac{2 \text{ mol } OH^-}{1 \text{ mol } K_2O} = 0/01 \text{ mol } OH^-$$

$$\text{مولاریته } OH^- = \frac{0/01 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 0/01 \text{ mol.L}^{-1} \quad , \quad [H^+] = \frac{10^{-14}}{10^{-2}} = 10^{-12} \Rightarrow pH = 12$$

۸۶- گزینهٔ ۳

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

$$A)\ pH = -\log[H^+]_A = 4/5 \Rightarrow [H^+]_A = 10^{-4/5}$$

$$B)\ pH = -\log[H^+]_B = 5/5 \Rightarrow [H^+]_B = 10^{-5/5}$$

$$\frac{[H^+]_A}{[H^+]_B} = \frac{10^{-4/5}}{10^{-5/5}} = 10^1 = 10$$

۸۷- گزینهٔ ۱

$$[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-2} = 0/01 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$V = 0/5 \text{ L} \Rightarrow \text{تعداد مول } H^+ = 0/01 \times 0/5 = 5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

مول H^+ معادل مول $HCl(g)$ حل‌شده است. (چون HCl اسید قوی است و به طور کامل یونیده می‌شود.)

$$5 \times 10^{-3} \text{ mol } HCl(g) \times \frac{22/4 \text{ L } HCl(g)}{1 \text{ mol } HCl(g)} = 0/112 \text{ L } HCl(g)$$

۸۸- گزینهٔ ۳ همان‌طوری که قبلاً هم توضیح داده شد، برخی از اکسیدهای نافلزی در اثر انحلال در آب تولید اسید کرده و خاصیت اسیدی دارند. با توجه به این‌که این اکسیدها در ساختار خودشان هیدروژن ندارند، بنابراین ابتدا انحلال این اکسیدها را در آب به صورت مولکولی نوشته و براساس اسید حاصل شده مشخص می‌کنیم پس از تفکیک چه‌قدر H^+ آزاد می‌شود، بنابراین انحلال $N_2O_5(g)$ را در آب می‌نویسیم:

$$N_2O_5(g) + H_2O(l) \rightarrow 2HNO_3(aq) \xrightarrow{\text{تفکیک}} 2H^+(aq) + 2NO_3^-(aq)$$

چون ۲ مول HNO_3 تولید می‌شود و از طرفی این اسید چون اسید قوی است، کاملاً یونیده شده و در نتیجه ۲ مول H^+ تولید می‌شود.

$$\text{تعداد مول } N_2O_5(g) = \frac{2/16 \text{ g } N_2O_5}{108 \text{ g.mol}^{-1}} = 0/02 \text{ mol } N_2O_5(g) \qquad N_2O_5(g) \simeq 2H^+(aq)$$

$$0/02 \text{ mol } N_2O_5 \times \frac{2 \text{ mol}}{1 \text{ mol } N_2O_5} = 0/04 \text{ mol } H^+$$

$$pH = 2 \rightarrow [H^+] = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \quad \text{مولاریته در یک لیتر}$$

$$0/04 \text{ mol } H^+ \times \frac{1 \text{ L محلول}}{0/01 \text{ mol } H^+} = 4 \text{ L}$$

۸۹- گزینهٔ ۲ HCl و $Sr(OH)_2$ اسید و باز قوی هستند. برای خنثی‌شدن باید تعداد مول‌های یون‌های H_3O^+ و OH^- موجود با هم برابر باشند، بنابراین تعداد مول OH^- برابر است با:

$$\text{تعداد مول } OH^- = \text{تعداد مول } H_3O^+ = 1/2 \times 10^{-2} \text{ مول}$$

چون $Sr(OH)_2$ یک باز دوظرفیتی است، پس:

$$\text{تعداد مول } Sr(OH)_2 = \frac{1}{2} \text{ تعداد مول } OH^- = 6 \times 10^{-3} \text{ مول}$$

$$\text{غلظت } Sr(OH)_2 = \frac{\text{تعداد مول } Sr(OH)_2}{\text{حجم برحسب لیتر } V} = \frac{6 \times 10^{-3} \text{ mol}}{0/1 \text{ L}} = 6 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

۹۰- گزینهٔ ۴ واکنش HCl با NaOH یک واکنش خنثی‌شدن است، تعداد مول هر کدام را محاسبه می‌کنیم.

$$\text{تعداد مول } HCl = \text{مولاریته } HCl \times \text{حجم } HCl \text{ برحسب لیتر} = 0/02 \text{ mol.L}^{-1} \times 2 \text{ L} = 0/04 \text{ مول}$$

توجه کنید چون HCl یک اسید قوی است تعداد مول H_3O^+ برابر تعداد مول HCl است.

از طرفی NaOH هم باز قوی است

$$\text{مول } NaOH = \text{مول } OH^- = 0/04 \text{ mol}$$

$$\text{تعداد مول } [H_3O^+] = 0/04 \text{ مول}$$

چون تعداد مول‌های H_3O^+ و OH^- با هم برابر است، بنابراین محلول خنثی بوده و $pH = 7$ است.

۹۱- گزینهٔ ۳

$$\text{تعداد مول NaOH} = \frac{0/8\ g}{40\ g.mol^{-1}} = 2\times10^{-2}\ mol$$

$$NaOH + HCl \rightarrow NaCl + \frac{1}{2}H_2O$$

2×10^{-2} مول — $0/01$ مول

بنابراین $0/01$ مول از OH^- مصرف شده و بقیه باقی ماند:

$$mol\ OH^- = 0/02 - 0/01 = 0/01\ mol \Rightarrow [OH^-] = \frac{0/01\ mol}{0/1\ L} = 0/1\ mol.L^{-1}$$

$$[H^+] = \frac{10^{-14}}{10^{-1}} = 10^{-13}\ mol.L^{-1} \Rightarrow pH = 13$$

تعداد مول فرایند یونی تشکیل‌شده (یعنی NaCl) برابر $0/01$ مول است.

۹۲- گزینهٔ ۴

$$HCl: [H^+] = 0/01 = 10^{-2}\ mol.L^{-1} \Rightarrow pH = 2$$

pH برابر شدن ۲ $\Rightarrow pH = 4 \Rightarrow [H^+] = 10^{-4}\ mol.L^{-1}$

$$mol\ H^+ = M.V = 10^{-4}\ mol.L^{-1} \times 2\ L = 2\times10^{-4}\ mol$$

تغییر مول H^+ که با OH^- خنثی می‌شود $= 0/01 - 0/0002 = 0/0198\ mol$

تعداد مول OH^- مورد نیاز $= 0/0198\ mol$

$$m\ OH^- = \frac{g\ KOH}{M_w\ KOH} \Rightarrow 0/0198 = \frac{g}{56} \Rightarrow g \simeq 1/11\ g\ KOH$$

۹۳- گزینهٔ ۳

جرم محلول اسید قوی HA $= 1\ mL \times 2/5\ \frac{g}{mL} = 2/5\ g$

تعداد مول اسید مصرفی HA $=$ تعداد مول NaOH $= \frac{0/16\ g\ NaOH}{40\ g.mol^{-1}} = 0/004\ mol$

$$pH = 2 \Rightarrow [H^+] = 10^{-2} = 0/01\ mol.L^{-1}$$

تعداد مول H^+ در ۱۰۰ mL $= \frac{0/01\ mol}{1\ L} \times 0/1\ L = 0/001\ mol$

$$\text{مول اولیه } H^+ = \underset{\text{مصرفی}}{mol\ H^+} + \underset{\text{مانده}}{mol\ H^+} = 0/004 + 0/001 = 5\times10^{-3}\ mol\ HA$$

$$\text{درصد جرمی HA} = 5\times10^{-3}\ mol\ HA \times \frac{150\ g\ HA}{1\ mol\ HA} = 0/75\ g\ HA$$

حالا با توجه به این‌که جرم $2/5\ g$ بود، درصد جرمی HA به راحتی حساب می‌شود:

$$\text{درصد جرمی HA} = \frac{0/75\ g\ HA}{\text{محلول } 2/5\ g} \times 100 = 30\%$$

توجه در این سؤال غلظت حاصل از اسید ضعیف برابر 10^{-3} مولار است، بنابراین از غلظت $[H^+]$ حاصل از یونش آب صرف‌نظر می‌شود.

۹۴- گزینهٔ ۱

$$MCO_3(s) + 2HCl(aq) \rightarrow MCl_2(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$$

تعداد مول HCl $= 0/5\ L \times 0/1\ mol.L^{-1} = 0/05\ mol\ HCl$

تعداد مول HCl اضافی $= 32/8\ mL \times \frac{1\ L}{1000\ mL} \times 0/588\ mol.L^{-1} \simeq 0/0193\ mol\ HCl$ اضافی

تعداد مول HCl مصرفی $= 0/05 - 0/0193 = 0/0307\ mol\ HCl$ مصرفی

$$\frac{mol\ MCO_3}{\text{ضریب}} = \frac{mol\ HCl}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{x}{1} = \frac{0/0307}{2} \Rightarrow x \simeq 0/0154\ mol\ MCO_3$$

$$n\ MCO_3\ (\text{مول}) = \frac{MCO_3\ \text{گرم}}{MCO_3\ \text{جرم مولی}} \Rightarrow MCO_3\ \text{جرم مولی} = \frac{1/294\ g\ MCO_3}{0/0154\ mol\ MCO_3} \simeq 84\ g.mol^{-1}$$

$M + CO_3 = 84 \Rightarrow M = 24 = Mg$ جرم مولی اتم منیزیم

۹۵- گزینهٔ ۴ اسید نیتریک یک اسید قوی است و کاملاً یونیده می‌شود. چون تعداد مول‌های H^+ و NO_3^- با هم برابر است، بنابراین ابتدا تعداد مول H^+ را حساب کرده و براساس تعداد مول‌های NO_3^- حساب می‌شود.

$$pH = 5 \rightarrow [H^+] = 10^{-5}\ mol.L^{-1} \Rightarrow [NO_3^-] = 10^{-5}\ mol.L^{-1}$$

$$\text{محلول } 0/25\ L \times \frac{10^{-5}\ mol\ NO_3^-}{\text{محلول } 1\ L} = 2/5\times10^{-6}\ mol\ NO_3^-$$

۹۶- گزینهٔ ۲ استیل‌سالیسیلیک اسید یک اسید ضعیف است و به صورت زیر یونیده می‌شود.

$$HC_9H_7O_4(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + C_9H_7O_4^-(aq)$$

استیل‌سالیسیلیک اسید $۲۰ \times ۰/۳۲۵\,g = ۶/۵۰\,g$ قرص

تعداد مول استیل‌سالیسیلیک اسید $= \frac{۶/۵\,g}{۱۸۰\,g.mol^{-1}} = ۳/۶ \times ۱۰^{-۲}$ مول

$$M_a = \frac{n}{V} = \frac{۳/۶ \times ۱۰^{-۲}\,mol}{۰/۲۳۷\,L} = ۱/۵ \times ۱۰^{-۱}\,mol.L^{-1} \quad , \quad K_a = \frac{[H^+][C_9H_7O_4^-]}{[HC_9H_7O_4]} \Rightarrow ۳/۲۶ \times ۱۰^{-۴} = \frac{x^۲}{۱/۵ \times ۱۰^{-۱}} \Rightarrow x^۲ = ۴/۹ \times ۱۰^{-۵}$$

$$[H^+] = x = \sqrt{۴/۹ \times ۱۰^{-۵}} = \sqrt{۴۹ \times ۱۰^{-۶}} = ۷ \times ۱۰^{-۳}\,mol.L^{-1} \quad , \quad pH = -\log ۷ \times ۱۰^{-۳} = ۳ - \log ۷ = ۳ - ۰/۸۵ = ۲/۱۵$$

۹۷- گزینهٔ ۳ ورودی رودخانهٔ X به خاطر این‌که از بسترهای آهکی عبور می‌کند، دارای غلظت نسبتاً بالایی از یون کلسیم هست. بنابراین آب رودخانهٔ X آب سخت است.

(۱) اشتباه است. رودخانهٔ Y اسیدی‌تر از X است و pH آن کوچک‌تر از X است. رودخانهٔ X به خاطر حضور $Ca(OH)_۲$ که یک باز است، خاصیت بازی داشته و pH آن بیشتر از ۷ است.

(۲) اشتباه است همان توضیح (۱).

(۴) اشتباه است. رودخانهٔ X به دلیل حضور یون‌های $Ca^{۲+}$ آب سخت است ولی رودخانهٔ Y ممکن است آب سخت نباشد یا باشد! نمی‌دانیم!

۹۸- گزینهٔ ۲ واکنش انجام‌شده به صورت مقابل است:

$$\underset{۱\,mol}{CaCO_۳(s)} + ۲HCl(aq) \rightarrow CaCl_۲(aq) + \underset{۱\,mol}{CO_۲(g)} + H_۲O(l)$$

$$?\,L\,CO_۲ = ۲۰\,g\,CaCO_۳ \times \frac{۱\,mol\,CaCO_۳}{۱۰۰\,g\,CaCO_۳} \times \frac{۱\,mol\,CO_۲}{۱\,mol\,CaCO_۳} \times \frac{۲۳\,L\,CO_۲}{۱\,mol\,CO_۲} = ۴/۶\,L$$

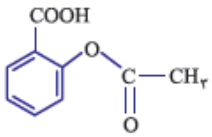
۹۹- گزینهٔ ۴ موادی که می‌توانند داخل شربت معده حضور داشته باشند، عبارت‌اند از: $Al(OH)_۳$ ، $Mg(OH)_۲$ و $NaHCO_۳$.

۱۰۰- گزینهٔ ۳ ترکیبات سایر گزینه‌ها در ضداسیدها استفاده می‌شوند.

۱۰۱- گزینهٔ ۲ آسپرین یک دارو برای بیماران قلبی است و مصرف زیاد آن مشکلاتی نظیر زخم معده ایجاد می‌کند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

(۱) فرمول مولکولی آسپرین $C_9H_8O_4$ است و ساختار لوویس آن به صورت شکل روبه‌رو است:



(۳) در ساختار آسپرین فقط اکسیژن‌ها جفت‌الکترون ناپیوندی دارند پس به دلیل حضور ۴ اتم اکسیژن، ۸ جفت‌الکترون ناپیوندی داریم.

برای محاسبهٔ تعداد جفت‌الکترون‌های پیوندی، تعداد پیوندهای اشتراکی را محاسبه می‌کنیم.

$$\text{تعداد پیوندهای اشتراکی } C_9H_8O_4 = \frac{(\text{اتم C} \times ۴) + (\text{اتم H} \times ۱) + (\text{اتم O} \times ۲)}{۲} = ۲۶ \Rightarrow ۲۶ = ۳ \times ۸ + ۲ \checkmark$$

توضیح: در این مولکول، هر اتم C دارای ۴ جفت‌الکترون پیوندی در اطراف خودش است و در مورد O و H هم به ترتیب ۲ و ۱ جفت‌الکترون پیوندی وجود دارد و از آن‌جا که پیوند بین دو اتم را دو بار شمرده‌ایم آن را بر ۲ تقسیم می‌کنیم. راه دیگر شمردن تعداد پیوندها از روی ساختار است.

۱۰۲- گزینهٔ ۲ به خاطر این‌که حجم مشخص نشده، ما حجم را ۱۰۰ mL در نظر می‌گیریم. محلول حاصل یک محلول بازی است، بنابراین ما روی غلظت OH^- متمرکز می‌شویم.

$$\text{مولاریته } Mg(OH)_۲ = \frac{۰/۰۰۹۷\,g\,Mg(OH)_۲ \times \frac{۱\,mol\,Mg(OH)_۲}{۵۸\,g}}{۰/۱\,L} = ۱/۶۷ \times ۱۰^{-۳}\,mol.L^{-1}$$

$$[OH^-] = \frac{۱/۶۷ \times ۱۰^{-۳}\,mol\,Mg(OH)_۲}{۱\,L} \times \frac{۲\,mol\,OH^-}{۱\,mol\,Mg(OH)_۲} = ۳/۳۳ \times ۱۰^{-۳}\,mol.L^{-1}$$

$$[H^+] = \frac{۱۰^{-۱۴}}{۳/۳۳ \times ۱۰^{-۳}} = ۳ \times ۱۰^{-۱۲}\,mol.L^{-1}$$

$$pH = -\log[H^+] = -\log(۳ \times ۱۰^{-۱۲}) = -\log ۳ + (-\log ۱۰^{-۱۲}) = ۱۲ - ۰/۵ = ۱۱/۵$$

BOOK BANK

۱۰۳- گزینهٔ ۴

$$C_9H_8O_4(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + C_9H_7O_4^-(aq)$$

غلظت‌های اولیه (M): ۰/۱ ۰ ۰

غلظت‌های تعادلی (M): $(۰/۱ - ۵/۳۷\times۱۰^{-۳}) \downarrow =۰/۰۹۵$ $۵/۳۷\times۱۰^{-۳}$ $۵/۳۷\times۱۰^{-۳}$

$$[H^+] = ۱۰^{-۲/۲۷} = ۵۳/۷\times۱۰^{-۳}\ mol.L^{-۱}$$

$$K_a = \frac{[H^+][C_9H_7O_4^-]}{[HC_9H_7O_4]} = \frac{(۵/۳۷\times۱۰^{-۳})^۲}{۰/۰۹۵} = ۳\times۱۰^{-۴}$$

۱۰۴- گزینهٔ ۲ معادلهٔ واکنش انجام‌شده به صورت مقابل است:

$$NaHCO_3(s) + HCl(aq) \rightarrow NaCl(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$$

$$\text{تعداد مول } NaHCO_3 = \frac{۵}{۸۴} \simeq ۰/۰۶\ mol$$

$$\text{تعداد مول } CO_2 = \text{تعداد مول } NaHCO_3 = ۰/۰۶\ mol$$

$$\text{وزن } CO_2\ g = ۰/۰۶\ mol \times \frac{۴۴\ g}{۱\ mol} = ۲/۶۴\ g$$

۱۰۵- گزینهٔ ۴ شیر منیزی یک مخلوط ناهمگن از $Mg(OH)_2$ است که حلالیت خیلی کمی در آب دارد. به محض افزایش $HCl(aq)$، بین این دو واکنش اسید و بازی انجام شده و $MgCl_2(aq)$ را تولید می‌کند که محلول در آب است. ولی در این مرحله (شکل ب) چون اسید اضافه‌شده به اندازهٔ کافی نیست، بنابراین واکنش تمام نشده و هنوز $Mg(OH)_2$ در مخلوط وجود دارد.

$$Mg(OH)_2(s) + ۲HCl(aq) \rightarrow MgCl_2(aq) + H_2O(l)$$

۱۰۶- گزینهٔ ۴ هر واحد افزایش pH باعث کاهش غلظت H^+ به اندازهٔ ۱۰ برابر می‌شود. بنابراین غلظت H^+ آب مقطر $(pH = ۷)$، $۱۰^۳$ برابر بزرگ‌تر از غلظت H^+ صابون است. $(pH = ۱۰)$

$$\text{آب مقطر } pH = ۷ \Rightarrow [H^+] = ۱۰^{-۷}$$

$$\text{صابون } pH = ۱۰ \Rightarrow [H^+] = ۱۰^{-۱۰}$$

$$\frac{[H^+]_{\text{مقطر}}}{[H^+]_{\text{صابون}}} = \frac{۱۰^{-۷}}{۱۰^{-۱۰}} = ۱۰^۳$$

بقیهٔ گزینه‌ها با توضیح داده‌شده اشتباه هستند.

BOOK BANK