

فهرست

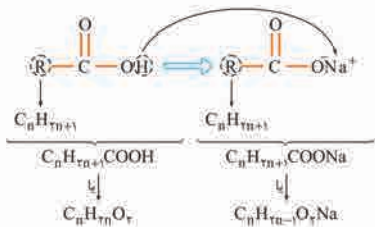
۱۱۷	فصل ۱۳: صابونی شدن	۸	فصل ۱: رابطهٔ انیشتین
۱۲۲	فصل ۱۴: درجه یونش و ...	۱۳	فصل ۲: مشخصات اتم
۱۲۸	فصل ۱۵: مسائل pH	۱۸	فصل ۳: جرم اتمی و جرم ...
۱۴۰	فصل ۱۶: سلول‌های گالوانی	۲۱	فصل ۴: عدد آووگادرو و مول
۱۴۹	فصل ۱۷: سلول‌های الکتروشیمی و ...	۲۷	فصل ۵: معادلهٔ موازنه و ...
۱۵۸	فصل ۱۸: خوردگی و آبکاری	۴۳	فصل ۶: قوانین گازها
۱۶۱	فصل ۱۹: تغییر عدد اکسایش	۵۵	فصل ۷: غلظت محلول‌ها
۱۶۹	فصل ۲۰: انواع جامدها	۶۹	فصل ۸: انحلال پذیری
۱۷۶	فصل ۲۱: آنتالپی فروپاشی	۷۸	فصل ۹: ظرفیت گرمایی
۱۷۹	فصل ۲۲: مسائل ثابت تعادل	۸۴	فصل ۱۰: مسائل آنتالپی، ...
۱۸۷	فصل ۲۳: مسائل لوشاتلیه	۹۶	فصل ۱۱: قانون هس
		۱۰۵	فصل ۱۲: سینتیک

۱۹۵ پرسش‌های چهارگزینه‌ای

۲۲۹ پاسخ‌های تشریحی

صابونی شدن

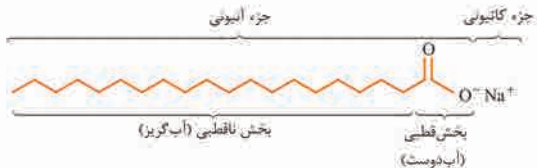
به اسیدهای آلی ($R-C(=O)-OH$) که دارای زنجیره کربنی (R) بلند و طولانی هستند، اسید چرب گفته می‌شود. نمک اسیدهای چرب نیز صابون نام دارد. صابون‌های سدیم یکی از انواع صابون‌هایی هستند که دارای حالت فیزیکی جامد بوده و فرمول کلی آن‌ها به صورت $RCOONa$ است. در این فرمول، R نشان‌دهنده زنجیر هیدروکربنی بلند است.



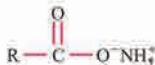
به عبارت دیگر، اگر هیدروژن موجود در گروه کربوکسیل یک اسید چرب را با Na^+ جایگزین کنیم، صابون سدیم به دست می‌آید.

هر صابون دارای یک جزء کاتیونی (Na^+) و یک جزء آنیونی

($R-C(=O)-O^-$) است که جزء آنیونی صابون خود از دو بخش تشکیل شده است که در شکل زیر آن را مشاهده می‌کنید:



» نکته « صابون‌های مایع، نمک پتاسیم یا آمونیوم اسید چرب هستند.



» تست «

جرم مولی صابون به دست آمده از کربوکسیلیک اسیدی که در آن گروه R، ۱۸ اتم کربن دارد، برابر چند گرم بر مول است؟

$$(\text{Na} = 23, \text{O} = 16, \text{C} = 12, \text{H} = 1: \text{g.mol}^{-1})$$

۳۶۴ (۴) ۳۵۸ (۳) ۳۴۱ (۲) ۳۲۰ (۱)

پاسخ | گزینه ۱ فرمول کلی کربوکسیلیک اسیدها را به صورت زیر



در نظر می‌گیریم: بنابراین فرمول صابون به دست آمده به صورت زیر خواهد بود:



$$\text{جرم مولی} = (19 \times 12) + (37 \times 1) + (2 \times 16) + (1 \times 23) = 320 \text{ g.mol}^{-1}$$

» تست «

کربوکسیلیک اسیدی دارای ۳۴ اتم هیدروژن است. درصد جرمی کربن در صابون جامد حاصل از این کربوکسیلیک اسید، به تقریب کدام است؟

$$(\text{Na} = 23, \text{O} = 16, \text{C} = 12, \text{H} = 1: \text{g.mol}^{-1})$$

۸۵ (۴) ۷۰ (۳) ۱۱ (۲) ۳۰ (۱)

پاسخ | گزینه ۲ فرمول کلی کربوکسیلیک اسیدها به صورت



روبه‌رو است:

از آن جایی که تعداد هیدروژن اسید داده‌شده برابر ۳۴ است، پس

$$2n = 34 \Rightarrow n = 17$$

خواهیم داشت:

با توجه به این که فرمول کلی صابون‌های جامد به صورت $C_nH_{2n-1}O_2Na$ می‌باشد، پس فرمول صابون حاصل $C_{17}H_{33}O_2Na$ است.

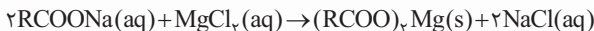
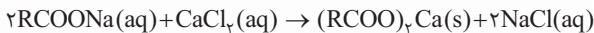
$$C \text{ جرم موجود در صابون} = \frac{\text{جرم مولکولی صابون}}{\text{جرم مولکولی صابون}} \times 100$$

$$= \frac{17 \times 12}{(17 \times 12) + (33 \times 1) + (2 \times 16) + (1 \times 23)} \times 100 = \frac{204}{292} \times 100 = 70\%$$



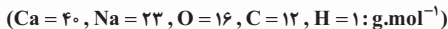
به آب‌هایی که حاوی مقادیر چشمگیری از یون‌های کلسیم و منیزیم هستند، آب سخت می‌گویند.

صابون در آب سخت به خوبی کف نمی‌کند و قدرت پاک‌کنندگی آن کاهش می‌یابد. زیرا تعدادی از ذره‌های صابون با یون‌های Ca^{2+} و Mg^{2+} واکنش داده و رسوب می‌دهند.



تست ۹۹

۲/۶۴ گرم از یک صابون جامد که در ساختار گروه R آن ۱۴ کربن وجود دارد، با مقدار کافی کلسیم کلرید واکنش می‌دهد. جرم رسوب تشکیل شده چند گرم خواهد بود؟



$$2/61(2)$$

$$1/31(1)$$

$$0/65(4)$$

$$5/2(3)$$

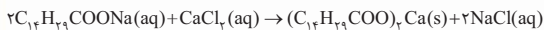


پاسخ | گزینه ۲ فرمول کلی صابون جامد را به صورت

$C_nH_{2n+1}COONa$ در نظر گرفته و از آن جایی که n برابر ۱۴ است،

فرمول شیمیایی آن را به دست می‌آوریم:

پس معادله شیمیایی واکنش به صورت زیر خواهد بود:



جرم مولی صابون را هم حساب می‌کنیم:

$$\begin{aligned} \text{جرم مولی} &= (14 \times 12) + (29 \times 1) + (1 \times 12) + (2 \times 16) + (1 \times 23) \\ &= 264 \text{ g.mol}^{-1} \end{aligned}$$

جرم مولی رسوب با فرمول شیمیایی $(C_{14}H_{29}COO)_2Ca$ را هم

به دست می‌آوریم:

$$[(14 \times 12) + (29 \times 1) + (1 \times 12) + (2 \times 16)] \times 2 + 40 = 522 \text{ g.mol}^{-1}$$

روش کسر تبدیل

$$\begin{aligned} \text{صابون } 2/64 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol صابون}}{264 \text{ g صابون}} \times \frac{1 \text{ mol رسوب}}{2 \text{ mol صابون}} \times \frac{522 \text{ g رسوب}}{1 \text{ mol رسوب}} \\ = 2/61 \text{ g رسوب} \end{aligned}$$

روش تناسب

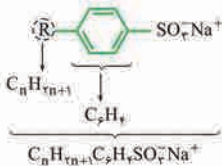
گرم صابون	گرم رسوب	
2 × 264	1 × 522	⇒ x = $\frac{2/64 \times 522}{2 \times 264} = 2/6$
2/64	x	

پاک‌کننده‌های غیرصابونی

این مواد، ساختاری مشابه صابون دارند، بنابراین در آب و چربی‌ها حل شده و لکه‌های روغن را پاک می‌کنند.

صابونی شدن: درس نامه

این پاک‌کننده‌ها نیز از یک بخش آنیونی و یک بخش کاتیونی به وجود آمده‌اند. بخش آنیونی خود شامل بخش قطبی (آب‌دوست) و بخش ناقطبی (آب‌گریز) است.



در ساختار این پاک‌کننده‌ها یک زنجیر هیدروکربنی (R) متصل به حلقه بنزن وجود دارد که تشکیل دهنده بخش ناقطبی (آب‌گریز) در قسمت آنیونی می‌باشد.

تست

اگر زنجیر هیدروکربنی R در یک پاک‌کننده غیرصابونی، دارای ۱۴ اتم کربن باشد. درصد جرمی هیدروژن در بخش آنیونی پاک‌کننده به تقریب کدام است؟ $(S = 32, Na = 23, O = 16, C = 12, H = 1; g.mol^{-1})$

$$8/78 \quad (4) \quad 1/11 \quad (3) \quad 9/35 \quad (2) \quad 8/21 \quad (1)$$

پاسخ | گزینه ۲ فرمول کلی پاک‌کننده غیرصابونی را به صورت $C_nH_{r(n+1)}C_6H_6SO_3Na$ در نظر می‌گیریم. از آنجایی که $n = 14$ می‌باشد، پس فرمول شیمیایی پاک‌کننده به صورت $C_{14}H_{29}C_6H_6SO_3Na$ است. یعنی فرمول شیمیایی بخش آنیونی به صورت $C_{14}H_{29}C_6H_6SO_3^-$ می‌باشد.

$$\text{درصد جرمی هیدروژن} = \frac{\text{جرم هیدروژن موجود در بخش آنیونی}}{\text{جرم مولی بخش آنیونی}} \times 100$$

$$= \frac{(29 \times 1) + (4 \times 1)}{(14 \times 12) + (29 \times 1) + (6 \times 12) + (4 \times 1) + (1 \times 32) + (3 \times 16)} \times 100$$

$$= \frac{33}{353} \times 100 = 9.35\%$$

سایر تست‌های این فصل را در صفحه ۲۱۶ ببینید.



درجه یونش و ثابت اسیدها و بازها

درجه یونش اسیدها

میزان یونش اسیدهای مختلف هنگام حل شدن در آب، یکسان نیست. برای مقایسه میزان یونش بین اسیدهای مختلف از کمیت درجه یونش (α) استفاده می‌کنیم:

$$\alpha = \frac{\text{شمار مول‌های یونیده شده}}{\text{شمار کل مول‌های حل شده}} \quad (\text{درجه یونش})$$

مقدار α برای اسیدهای مختلف، عددی بین صفر تا یک است. ($0 < \alpha \leq 1$) با ضرب کردن درجه یونش (α) در عدد ۱۰۰، درصد یونش (α) به دست می‌آید.
 $100 \times \text{درجه یونش } (\alpha) = \text{درصد یونش } (\alpha)$
 مقدار درصد یونش برای تمام اسیدها عددی بین صفر تا صد است.

مثال

در دمای اتاق در محلول 1 mol.L^{-1} هیدروفلوئوریک اسید (HF) در آب، از هر ۱۰۰۰ مولکول HF حل شده، ۲۴ مولکول آن یونیده می‌شود، پس داریم:



$$\text{درجه یونش } (\alpha) = \frac{\text{مولکول یونیده شده}}{\text{مولکول حل شده}} = \frac{24}{1000} = 0.024$$

$$\text{درصد یونش } (\alpha) = \alpha \times 100 = 0.024 \times 100 = 2.4\%$$

نکته از آن جایی که هر محلول دارای حجمی معین است، می‌توانیم رابطه محاسبه درجه یونش را به صورت زیر نیز در نظر بگیریم:

$$\text{درجه یونش } (\alpha) = \frac{\text{غلظت مولی مولکول‌های یونیده شده}}{\text{غلظت مولی اولیه ماده حل شونده}}$$

درجه یونش و ثابت اسیدها و بازها: درس‌نامه

در اسیدهای تک‌پروتون‌دار مانند HA، شمار مول‌های یونیده‌شده به شمار مول H^+ یا A^- تشکیل‌شده، برابر است. پس می‌توانیم رابطهٔ محاسبهٔ درجه یونش را به صورت زیر نیز بنویسیم:

$$\alpha = \frac{\text{غلظت مولی هر یک از یون‌های تشکیل‌شده}}{\text{غلظت مولی اولیه مادهٔ حل‌شونده}} = \frac{[H^+]}{M_{\text{اسید}}} = \frac{[A^-]}{M_{\text{اسید}}}$$

غلظت مولی اسید

نکته ۴۴

اسید

قوی: $\alpha = 1$ یا $\alpha = 100\%$ مثال: $HCl, HBr, HI, HNO_3, H_2SO_4$ و ...
 ضعیف: $0 < \alpha < 1$ یا $0 < \alpha < 100\%$ مثال: $HF, HCN, HNO_2, HCOOH$
 بنابراین هر چه اسید ضعیف‌تر باشد، درجه یونش (α) آن کوچک‌تر بوده و به صفر نزدیک‌تر است.

تیب ۱ از بین سه کمیت α ، $[H^+]$ و $M_{\text{اسید}}$ ، مقدار دو کمیت در سؤال بیان شده و مقدار دیگر مورد پرسش قرار می‌گیرد.

تست ۱

غلظت مولی یون هیدرونیوم در محلول ۰/۵ مولار اسید ضعیف HA برابر $2 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$ است. درصد یونش اسید HA در این محلول کدام است؟

۰/۰۴ (۱) ۴ (۲) ۰/۰۲ (۳) ۲ (۴)

$$\alpha = \frac{[H^+]}{M_{\text{اسید}}} = \frac{2 \times 10^{-4}}{0/5} = 4 \times 10^{-4}$$

پاسخ | گزینه ۱

$$\% \alpha = \alpha \times 100 = 4 \times 10^{-4} \times 100 = 4 \times 10^{-2} = 0/04$$



تیب ۲ در برخی از سؤالات، شمار مولکول‌های یونیده‌شده و یا تعداد یون‌های تولیدشده مورد پرسش قرار می‌گیرد.

تست ۹۹

اگر درصد یونش هیدروفلئوئوریک اسید در دمای 25°C برابر $2/4\%$ در نظر گرفته شود، مجموع شمار مولکول‌های HF و یون‌های حاصل از انحلال آن، در صورت حل کردن 3×10^4 مولکول HF در آب، کدام است؟
 ۲۸۵۶۰ (۴) ۳۱۴۴۰ (۳) ۳۰۷۲۰ (۲) ۲۹۲۸۰ (۱)

پاسخ | گزینه ۲ از آنجایی که درصد یونش مولکول‌های HF برابر $2/4\%$ در نظر گرفته شده است. شمار مولکول‌های یونیده‌شده را به صورت زیر محاسبه می‌کنیم:

مولکول $720 = 3 \times 10^4 \times \frac{2}{100}$ = شمار مولکول‌های یونیده‌شده
 مولکول $29280 = 30000 - 720$ = شمار مولکول‌های یونیده نشده
 دقت کنید، با یونیده‌شدن هر مولکول HF، ۲ یون H^+ و F^- تولید می‌شوند. بنابراین تعداد یون‌های تولیدشده، دو برابر تعداد مولکول‌های یونیده‌شده خواهد بود.

$$1440 = 720 \times 2 = \text{شمار یون‌های ایجادشده}$$

$$\text{شمار یون‌های ایجادشده} + \text{شمار مولکول‌های} = \text{مجموع شمار مولکول‌ها و یون‌ها}$$

$$29280 + 1440 = 30720$$

تست ۹۹

درصد یونش محلول اسید ضعیف HA با غلظت مولی 0.3 mol.L^{-1} برابر 12% است. در 200 میلی‌لیتر از این محلول چند مول یون وجود دارد؟

- (۱) $7/2 \times 10^{-5}$ (۲) $14/4 \times 10^{-5}$
 (۳) $7/2 \times 10^{-3}$ (۴) $14/4 \times 10^{-3}$

درجه یونش و ثابت اسیدها و بازها: درس‌نامه

$$200 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} = 0.2 \text{ L}$$

پاسخ | گزینه ۲

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{مول حل شونده}}{\text{لیتر محلول}} \Rightarrow 0.3 = \frac{\text{مول حل شونده}}{0.2 \text{ L}}$$

$$\Rightarrow \text{HA مول اولیه} = 0.06 \text{ mol}$$

$$\% \alpha = \alpha \times 100 \Rightarrow 0.12 = \alpha \times 100 \Rightarrow \alpha = 1/2 \times 10^{-3}$$

$$\alpha = \frac{\text{شمار مول‌های یونیده شده}}{\text{شمار مول‌های حل شده}} \Rightarrow 1/2 \times 10^{-3} = \frac{\text{شمار مول‌های یونیده شده}}{0.06 \text{ mol}}$$

$$\Rightarrow \text{شمار مول‌های یونیده شده} = 7/2 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

به ازای یونش هر مولکول HA، ۲ یون H^+ و A^- تولید می‌شود، بنابراین:

$$\text{شمار یون‌های تولید شده} = 7/2 \times 10^{-5} \times 2 = 14/4 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

ثابت یونش اسیدها

تیپ ۳ واکنش یونش اسیدها و بازهای ضعیف در آب، یک واکنش تعادلی است. به ثابت تعادل واکنش یونش اسیدها در آب، ثابت یونش اسیدی می‌گویند و آن را با نماد K_a نمایش می‌دهند.



ثابت یونش اسید برابر با نسبت حاصل ضرب غلظت تعادلی یون‌های موجود در فرآورده‌ها به غلظت تعادلی آن اسید است.

نکته ۱ یکای K_a برای اسیدها با یکای غلظت محلول‌ها، یعنی مول بر لیتر برابر است.

۲ مقدار ثابت تعادل هر واکنش، فقط و فقط به دما بستگی دارد.



درجه یونش و ثابت اسیدها و بازها: درس‌نامه

نکته ۲۲ در سؤالاتی که مقدار $\alpha < 0.05$ یا $K_a \leq 10^{-4}$ باشد و یا در متن سؤال به تقریبی بودن پاسخ تأکید شده باشد، با تقریب قابل قبولی می‌توانیم $1 - \alpha$ را برابر ۱ در نظر بگیریم. در این صورت روابط بالا به صورت

$$K_a \approx M\alpha^2 \quad [H^+] \approx \sqrt{K_a \cdot M}$$

نکته ۲۳ در دمای ثابت که K_a برای هر اسیدی ثابت است، کم می‌شود.

با زیاد شدن مقدار M ، مقدار α کم می‌شود.
بدیهی است که اگر مقدار M کم شود، مقدار α زیاد می‌شود.
زیاد شود. ثابت

تست ۱

ثابت یونش اسید HA، با غلظت مولی ۰/۸ مولار و درصد یونش ۰/۲ درصد، کدام است؟

$$1) 4 \times 10^{-6} \quad 2) 8 \times 10^{-6} \quad 3) 3/2 \times 10^{-6} \quad 4) 6 \times 10^{-6}$$

پاسخ | گزینه ۳ $\% \alpha = \alpha \times 100 \Rightarrow 0.2 = \alpha \times 100 \Rightarrow \alpha = 2 \times 10^{-3}$

از آن جایی که α کوچک‌تر از ۰/۰۵ است، داریم:

$$K_a \approx M\alpha^2 = 0.8 \times (2 \times 10^{-3})^2 = 3/2 \times 10^{-6}$$

تست ۲

اگر $[H^+]$ در محلول ۰/۵ مولار اسید ضعیف HA، برابر 5×10^{-4} باشد. ثابت یونش این اسید به تقریب چه قدر است؟ (دما را ثابت در نظر بگیرید.)

$$1) 10^{-3} \quad 2) 5 \times 10^{-3} \quad 3) 10^{-7} \quad 4) 5 \times 10^{-7}$$

پاسخ | گزینه ۴ $[H^+] = M\alpha \Rightarrow 5 \times 10^{-4} = 0.5 \times \alpha \Rightarrow \alpha = 10^{-3}$

چون $\alpha < 0.05$ است، می‌توانیم از رابطه زیر استفاده کنیم:

$$K_a \approx M\alpha^2 = 0.5 \times (10^{-3})^2 = 0.5 \times 10^{-6} = 5 \times 10^{-7}$$

سایر تست‌های این فصل را در صفحه ۲۱۶ ببینید.



مسائل pH

برای این که مسائل pH را سریع و راحت تر حل کنید، لازم است قوانین لگاریتم را خوب یاد بگیرید و در محاسبات به کار برید:

$$\log_a a = b \xrightarrow{a>0} 10^b = a \quad \log(a \times b) = \log a + \log b$$

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

$$\log_{10} 10^n = n \quad \log_{10} 2 = 0.3 \Rightarrow 10^{0.3} = 2$$

$$\log_{10} 3 = 0.48 \Rightarrow 10^{0.48} = 3 \quad \log_{10} 5 = 0.7 \Rightarrow 10^{0.7} = 5$$

$$\log_{10} 7 = 0.85 \Rightarrow 10^{0.85} = 7$$

نکته ۲۲ هرگاه در محاسبات، با عدد ۱۰ به توان یک عدد اعشاری منفی مواجه

شدیم، با روش مقابل آن را ساده می کنیم: $10^{-2/7} = 10^{-3} \times 10^{0.3} = 2 \times 10^{-3}$

$$10^{-1/3} = 10^{-2} \times 10^{0.7} = 5 \times 10^{-2}$$

به کمک معیار pH می توان میزان اسیدی بودن دو محلول را با یکدیگر مقایسه کرد. برای

محاسبه pH یک محلول از رابطه مقابل استفاده می کنیم: $\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+]$

اگر در سؤالی مقدار pH محلول بیان شده بود، برای محاسبه

تیپ ۱

$[\text{H}^+]$ ، می توانیم از رابطه زیر نیز استفاده کنیم:

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

آزمون ۳۳

رنگ گل ادریسی به میزان اسیدی بودن خاک بستگی دارد. این گل در خاکی

که غلظت یون هیدرونیوم آن $2 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$ است، به رنگ آبی اما در خاک

دیگری که در آن غلظت یون هیدرونیوم $4 \times 10^{-9} \text{ mol.L}^{-1}$ است، به رنگ سرخ

شکوفای می شود. نسبت pH نمونه خاک دوم به خاک اول به تقریب کدام است؟

$$0.45 \text{ (۴)}$$

$$1/98 \text{ (۳)}$$

$$1/79 \text{ (۲)}$$

$$0.56 \text{ (۱)}$$

پاسخ | گزینه ۲ $[H^+] = 2 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$: نمونه خاک اول

$$\begin{aligned} \text{pH} &= -\log[H^+] = -\log 2 \times 10^{-5} = -(\log 2 + \log 10^{-5}) \\ &= -(0.3 - 5) = -(-4.7) = 4.7 \end{aligned}$$

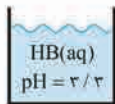
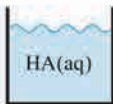
نمونه خاک دوم $[H^+] = 4 \times 10^{-9} \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow \text{pH} = -\log[H^+]$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \text{pH} &= -\log 4 \times 10^{-9} = -(\log 4 + \log 10^{-9}) \\ &= -(\log 2^2 + \log 10^{-9}) = -(2 \times \log 2 + \log 10^{-9}) \\ &= -(2 \times 0.3 - 9) = 8.4 \end{aligned}$$

$$\frac{\text{pH نمونه خاک دوم}}{\text{pH نمونه خاک اول}} = \frac{8.4}{4.7} \approx 1.79$$

تست ۹۹

در محلول اسید HA غلظت یون هیدرونیوم دو برابر غلظت این یون در محلول HB است. pH محلول HA کدام است؟



۱/۶۵ (۱)

۳ (۲)

۳/۶ (۳)

۶/۶ (۴)

پاسخ | گزینه ۲

$$[H^+]_{\text{HB}} = 10^{-\text{pH}} = 10^{-3/3} = 10^{-1} = 10^{-1} \times 10^{0/7} = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[H^+]_{\text{HA}} = 2 \times [H^+]_{\text{HB}} = 2 \times 10^{-1} = 2 \times 10^{-1} = 2 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{HA محلول: } \text{pH} = -\log[H^+]_{\text{HA}} = -\log 2 \times 10^{-1} = -(-1) = 1$$

تیب ۲ در دمای معین، حاصل ضرب $[H^+][OH^-]$ ، عددی ثابت است. حاصل این عبارت در دمای اتاق ($\theta = 25^\circ C$)، برابر 10^{-14} می‌باشد.

$$\theta = 25^\circ C : [H^+][OH^-] = 10^{-14} \begin{cases} [H^+] = \frac{10^{-14}}{[OH^-]} \\ [OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H^+]} \end{cases}$$

تست

اگر در محلول هیدروکلریک اسید، غلظت مولی یون هیدرونیوم 4×10^8 برابر غلظت مولی یون هیدروکسید باشد، pH این محلول کدام است؟ (ریاضی ۹۲)

- ۳/۷ (۴) ۳/۳ (۳) ۲/۷ (۲) ۲/۳ (۱)

پاسخ | گزینه ۲

$$\frac{[H^+]}{[OH^-]} = 4 \times 10^8 \Rightarrow [H^+] = 4 \times 10^8 [OH^-]$$

$$\left. \begin{aligned} [H^+][OH^-] &= 10^{-14} \\ [H^+] &= 4 \times 10^8 [OH^-] \end{aligned} \right\} \Rightarrow 4 \times 10^8 [OH^-] \times [OH^-] = 10^{-14}$$

$$\Rightarrow [OH^-]^2 = \frac{10^{-14}}{4 \times 10^8} = 0.25 \times 10^{-22}$$

$$\Rightarrow [OH^-] = 0.5 \times 10^{-11} = 5 \times 10^{-12} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[H^+] = 4 \times 10^8 \times [OH^-] = 4 \times 10^8 \times 5 \times 10^{-12} = 2 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

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

$$= -(0.3 - 3) = -(-2.7) = 2.7$$

نکته اسیدها و بازهای قوی به طور کامل در آب یونیده می‌شوند.

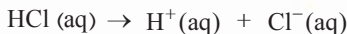
دقت کنید در اسیدها و بازهای قوی و تک‌ظرفیتی، $[H^+]$ یا $[OH^-]$ با غلظت مولی اولیه اسید یا باز برابر است.

تست ۹۹

pH محلول ۰/۰۱ مولار هیدروکلریک اسید، چند برابر pH محلول ۰/۰۰۰۱ مولار سدیم هیدروکسید است؟

۰/۲ (۱) ۵ (۲) ۰/۵ (۳) ۲ (۴)

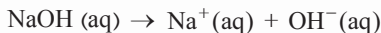
پاسخ | گزینه ۱



غلظت قبل از یونش ۰/۰۱ ۰ ۰
 غلظت بعد از یونش ۰ ۰/۰۱ ۰/۰۱

HCl محلول در: $[\text{H}^+] = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

$$\text{pH} = -\log 10^{-2} = -(-2) = 2$$



غلظت قبل از یونش ۰/۰۰۰۱ ۰ ۰
 غلظت بعد از یونش ۰ ۰/۰۰۰۱ ۰/۰۰۰۱

NaOH محلول در: $[\text{OH}^-] = 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$

$$[\text{H}^+] = \frac{10^{-14}}{[\text{OH}^-]} \Rightarrow [\text{H}^+] = \frac{10^{-14}}{10^{-4}} = 10^{-10} \text{ mol.L}^{-1}$$

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

$$\frac{\text{HCl محلول pH}}{\text{NaOH محلول pH}} = \frac{2}{10} = 0/2$$

تیپ ۳ در برخی مسائل pH، با اضافه کردن مقداری اسید یا باز به آب خالص، pH آن از ۷ به مقدار جدیدی می‌رسد. در این موارد می‌توان فرض کرد که قصد ساخت محلولی با pH جدید را داریم و سپس مشخصات آن محلول را به دست می‌آوریم.

تست

برای آن که pH آب خالص از ۷ به ۴ برسد، به هر لیتر آن چند میلی گرم نیتریک اسید باید افزود؟ (از تغییر حجم ظرف صرف نظر شود.)

(O = ۱۶, N = ۱۴, H = ۱: g.mol⁻¹)

۰/۶۳ (۴) ۱/۲۶ (۳) ۱/۸۹ (۲) ۶/۳ (۱)

پاسخ | گزینه ۱ در حقیقت طبق گفته سؤال، ما قصد داریم محلولی با

pH = ۴ از نیتریک اسید تهیه کنیم: $[H^+] = 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$
همان طور که قبلاً اشاره شد در اسیدهای قوی تک ظرفیتی مانند HNO_3 ،
با غلظت مولی اولیه اسید برابر است. پس خواهیم داشت:

$$[H^+] = [\text{HNO}_3] = 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

بنابراین در هر لیتر آب باید 10^{-4} مول HNO_3 وجود داشته باشد.
اکنون جرم 10^{-4} مول HNO_3 را بر حسب میلی گرم به دست می آوریم:

$$10^{-4} \text{ mol HNO}_3 \times \frac{63 \text{ g HNO}_3}{1 \text{ mol HNO}_3} \times \frac{10^3 \text{ mg HNO}_3}{1 \text{ g HNO}_3} = 6.3 \text{ mg HNO}_3$$

اسید و باز ضعیف ($\alpha \ll 1$) 

تیپ ۴ در اسیدها و بازهای ضعیف یک ظرفیتی، $[H^+]$ یا $[OH^-]$

با غلظت مولی اسید یا باز اولیه برابر نیست.

اگر غلظت اولیه اسید یا باز ضعیف را برابر M و درجه یونش آن ها را برابر α در نظر بگیریم، $[H^+]$ یا $[OH^-]$ در اسیدها و بازهای ضعیف یک ظرفیتی از رابطه $M \cdot \alpha$ به دست می آید.

اسید α اسید: $[H^+] = M \cdot \alpha$ در محلول اسید ضعیف HA

باز α باز: $[OH^-] = M \cdot \alpha$ در محلول باز ضعیف BOH

تست ۹۵

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

- ۱) ۰/۴ ۲) ۰/۲ ۳) ۴ ۴) ۲

پاسخ | گزینه ۳ ابتدا غلظت مولی اسید HA را محاسبه می کنیم:

$$[HA] = \frac{\text{مول حل شونده}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} = \frac{2/5 \times 10^{-7} \text{ mol}}{10^{-3} \text{ L}} = 2/5 \times 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

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

$$[H^+] = M_{\text{اسید}} \cdot \alpha \Rightarrow 10^{-5} = 2/5 \times 10^{-4} \times \alpha$$

$$\Rightarrow \alpha = \frac{10^{-5}}{2/5 \times 10^{-4}} = 4 \times 10^{-2}$$

$$\text{درصد یونش} = \alpha \times 100 = 4 \times 10^{-2} \times 100 = 4\%$$

تست ۹۶

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؟ (ریاضی ۹۶)

۱) 9×10^{-3} و $1/11 \times 10^{-6}$ ۲) 1×10^{-2} و $1/11 \times 10^{-6}$

۳) 9×10^{-3} و $1/11 \times 10^{-4}$ ۴) 1×10^{-2} و $1/11 \times 10^{-4}$

پاسخ | گزینه ۴ $\text{pH} = 3 \Rightarrow [H^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$

$$[H^+] = M_{\text{اسید}} \cdot \alpha \Rightarrow 10^{-3} = M_{\text{اسید}} \times \left(\frac{10}{100}\right) \Rightarrow M_{\text{اسید}} = 10^{-2} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

برای محاسبه K_a در اسیدهای تک پروتونه ضعیف می توانیم از رابطه

زیر کمک بگیریم:

$$K_a = \frac{M \cdot \alpha^2}{1 - \alpha} = \frac{10^{-2} \times \left(\frac{10}{100}\right)^2}{1 - \frac{10}{100}} \Rightarrow K_a = \frac{10^{-4}}{0.9} = 1/11 \times 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

تپ ۵ رقیق کردن محلول یک اسید یا باز به کمک آب

اگر به وسیلهٔ افزایش آب به یک محلول اسیدی، حجم آن را n برابر کنیم،
 $pH_2 = pH_1 + \log n$ محلول به صورت مقابل تغییر خواهد کرد:
 اگر با اضافه کردن آب به یک محلول بازی، حجم آن را n برابر کنیم،
 $pH_2 = pH_1 - \log n$ محلول به صورت مقابل تغییر می‌کند:
نکته ۴۴ به طور کلی می‌توان گفت اگر یک محلول را n برابر رقیق کنیم،
 pH آن به اندازه $\log n$ به γ نزدیک می‌شود.

تست

به ۲۰ میلی‌لیتر محلول نیتریک اسید با $pH = 0$ چند میلی‌لیتر آب مقطر اضافه کنیم تا pH آن به ۲ برسد؟

۱۸۰۰ (۴) ۱۹۸۰ (۳) ۹۸۰ (۲) ۱۸۰ (۱)

پاسخ | گزینه ۳

$$\left. \begin{array}{l} pH_2 = 2 \\ pH_1 = 0 \end{array} \right\} \text{رقیق کردن محلول اسیدی: } pH_2 = pH_1 + \log n$$

$$\Rightarrow \log n = 2 \Rightarrow n = 10^2$$

بنابراین باید حجم محلول، 10^2 برابر شود.

$$\text{حجم نهایی} = 20 \times 10^2 = 2000 \text{ mL}$$

$$\text{حجم آب مقطر اضافه شده} = 2000 - 20 = 1980 \text{ mL}$$

تست

در دمای $25^\circ C$ به ۲۰ mL محلول سدیم هیدروکسید 0.01 mol.L^{-1} ،
 ۱۸۰ میلی‌لیتر آب می‌افزاییم. pH این محلول به چه عددی می‌رسد؟

۱۳ (۴) ۱۲ (۳) ۱۱ (۲) ۳ (۱)

پاسخ | گزینه ۲

ابتدا pH محلول اولیه را قبل از اضافه کردن
 آب مقطر محاسبه می‌کنیم. سدیم هیدروکسید باز قوی یک ظرفیتی
 است و $[OH^-]$ با غلظت مولی اولیهٔ باز برابر است:

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

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

$$\text{pH}_1 = -\log[\text{H}^+] = -\log 10^{-12} = -(-12) = 12$$

اگر به محلولی با حجم ۲۰ mL، به اندازه ۱۸۰ mL آب مقطر اضافه کنیم، حجم محلول به ۲۰۰ mL می‌رسد که ۱۰ برابر حجم اولیه خواهد بود (حجم محلول ۱۰ برابر شده است).

$$\text{pH}_2 = \text{pH}_1 - \log n = 12 - \log 10$$

$$\Rightarrow \text{pH}_2 = 12 - 1 = 11$$

خنثی شدن اسید و باز

تیپ ۶ در سؤالاتی که اسید و باز با یکدیگر وارد واکنش شده و خنثی می‌شوند، می‌توانیم از رابطه زیر کمک بگیریم:

$$\overset{\text{غلظت مولی اسید}}{\uparrow} M_{\text{اسید}} \times V_{\text{اسید}} \times n_{\text{اسید}} = \overset{\text{غلظت مولی باز}}{\uparrow} M_{\text{باز}} \times V_{\text{باز}} \times n_{\text{باز}}$$

نکته ۱ یکای حجم اسید و باز در دو طرف تساوی باید یکسان باشد.

نکته ۲ ظرفیت اسید و باز ($n_{\text{اسید}}$, $n_{\text{باز}}$)، تعداد H^+ یا OH^- است که اسید و باز در واکنش خنثی‌شدن، آزاد یا تولید می‌کنند.

HI , HBr , HCl , HNO_3 , HNO_2 , HCOOH , CH_3COOH , HCN , ...

اسید دوپروتونه ($n_{\text{اسید}} = 2$): H_2SO_4

باز یک ظرفیتی ($n_{\text{باز}} = 1$): NH_3 , KOH , NaOH , ...

باز دو ظرفیتی ($n_{\text{باز}} = 2$): Ca(OH)_2 , Ba(OH)_2 , Sr(OH)_2

تست

چند میلی لیتر محلول پتاسیم هیدروکسید با $\text{pH} = 13$ برای واکنش کامل با ۲۵ میلی لیتر محلول 0.4 mol.L^{-1} سولفوریک اسید نیاز است؟ (ریاضی ۹۲)

(۱) ۵۰ (۲) ۱۰۰ (۳) ۲۰۰ (۴) ۲۵۰

پاسخ | گزینه ۲

KOH محلول: $\text{pH} = 13 \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-13} \text{ mol.L}^{-1}$

$$[\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-13}} = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$$

KOH باز قوی یک ظرفیتی است؛ پس $[\text{OH}^-]$ با غلظت مولی باز برابر است.

سولفوریک اسید (H_2SO_4) هم که یک اسید دوظرفیتی است.

$$[\text{OH}^-] = M_{\text{KOH}} = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$M_{\text{اسید}} \times V_{\text{اسید}} \times n_{\text{اسید}} = M_{\text{باز}} \times V_{\text{باز}} \times n_{\text{باز}}$$

$$\Rightarrow 0.4 \times 25 \times 2 = 10^{-1} \times V_{\text{باز}} \times 1 \Rightarrow V_{\text{باز}} = 200 \text{ mL}$$

تست

اگر ۴۰ میلی لیتر محلول 0.25 مولار اسید چند ظرفیتی H_nA با ۷۵ mL محلول 0.2 مولار یک باز دوظرفیتی $\text{M}(\text{OH})_2$ خنثی شود، n کدام است؟ (ریاضی ۸۸)

(۱) ۲ (۲) ۱ (۳) ۳ (۴) ۴

پاسخ | گزینه ۳

$$M_{\text{اسید}} \times V_{\text{اسید}} \times n_{\text{اسید}} = M_{\text{باز}} \times V_{\text{باز}} \times n_{\text{باز}}$$

$$\Rightarrow 0.25 \times 40 \times n_{\text{اسید}} = 0.2 \times 75 \times 2 \Rightarrow n_{\text{اسید}} = 3$$

تست ۳۳

اگر درصد یونش محلول اتانویک اسید برابر ۲ درصد و pH آن برابر ۲/۷ باشد، ۲۵ میلی لیتر از آن با چند میلی لیتر محلول ۰/۰۵ مولار آمونیاک واکنش می دهد؟

۱۵ (۱) ۲۰ (۲) ۲۵ (۳) ۵۰ (۴)

پاسخ | گزینه ۴

محلول اتانویک اسید: $\text{pH} = 2/7 \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-2/7}$

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

$$[\text{H}^+] = M_{\text{اسید}} \cdot \alpha \Rightarrow 2 \times 10^{-3} = M_{\text{اسید}} \times \left(\frac{2}{100}\right)$$

$$\Rightarrow M_{\text{اسید}} = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$M_{\text{اسید}} \times V_{\text{اسید}} \times n_{\text{اسید}} = M_{\text{باز}} \times V_{\text{باز}} \times n_{\text{باز}}$$

می دانیم آمونیاک (NH_3) باز یک ظرفیتی است، پس داریم:

$$\Rightarrow 10^{-1} \times 25 \times 1 = 0/05 \times V_{\text{باز}} \times 1 \Rightarrow V_{\text{باز}} = \frac{25 \times 10^{-1}}{5 \times 10^{-2}} = 50 \text{ mL}$$

نکته ۴۴ در برخی از سؤالات خنثی شدن اسید و باز، حجم معینی از

یک اسید یا یک باز با جرم معینی از یک اسید یا باز خنثی می شود.

در حل این تیپ از سؤالات در سمتی که از جرم ماده صحبت به

میان آمده (چه اسید باشد و چه باز!!!)، به جای $M.V$ در رابطه بالا،

مول آن ماده را قرار می دهیم. دقت کنید در این صورت یکای حجم

در سمت دیگر را حتماً باید لیتر قرار دهید.

بنابراین اگر در سؤالات از جرم اسید صحبت شده باشد، داریم:

$$\text{جرم اسید} = M_{\text{باز}} \times \overbrace{V_{\text{باز}}}^{\text{برحسب لیتر}} \times n_{\text{باز}} = M_{\text{اسید}} \times n_{\text{اسید}}$$

اگر در سؤالات از جرم باز صحبت شده باشد:

$$\text{جرم باز} = M_{\text{اسید}} \times \overbrace{V_{\text{اسید}}}^{\text{برحسب لیتر}} \times n_{\text{اسید}} = M_{\text{باز}} \times n_{\text{باز}}$$

تست ۹۶

اگر نسبت غلظت مولار یون هیدروکسید به یون هیدرونیوم در محلول باز قوی BOH برابر 10^1 باشد، برای خنثی کردن ۱۰۰ mL از این محلول،

(ریاضی ۹۶ با تغییر)

چند مول HCl نیاز است؟

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

پاسخ | گزینه ۳

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

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

$$\Rightarrow [\text{H}^+]^2 = 10^{-24} \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-12} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{OH}^-] = 10^1 \times [\text{H}^+] = 10^1 \times 10^{-12} = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

باز قوی یک ظرفیتی: $[\text{OH}^-] = M_{\text{باز}} = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

برحسب لیتر

$$\text{جرم اسید} = M_{\text{باز}} \times \overbrace{V_{\text{باز}}}^{\text{برحسب لیتر}} \times n_{\text{باز}} = M_{\text{اسید}} \times n_{\text{اسید}}$$

$$\Rightarrow \text{HCl مول} = 10^{-3} \text{ mol} = 10^{-2} \times 10^{-1} \times 1$$

تست ۳۳

چند میلی گرم سدیم کربنات برای خنثی کردن پنج لیتر محلول اسید قوی با $\text{pH} = 5$ ، لازم است؟ ($\text{Na} = 23, \text{O} = 16, \text{C} = 12 : \text{g.mol}^{-1}$)

- | | | |
|-------------------------|----------|----------|
| (ریاضی خارج از کشور ۹۶) | ۴/۲۵ (۲) | ۲/۶۵ (۱) |
| | ۱۰/۶ (۴) | ۵/۳ (۳) |

پاسخ | گزینه ۱

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

اسید قوی تک پروتونه $[\text{H}^+] = M_{\text{اسید}} = 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$

نمک سدیم کربنات (Na_2CO_3) از یون های Na^+ و CO_3^{2-} تشکیل شده است و در واکنش با اسید قوی، نقش باز را ایفا کرده و از آن جایی که CO_3^{2-} ظرفیت گرفتن دو H^+ را دارد، پس ظرفیت بازی (n) را برای آن ۲ در نظر می گیریم.

$M_{\text{اسید}} \times V_{\text{اسید}} \times n_{\text{اسید}} = \text{مول سدیم کربنات} \times n$

$$\Rightarrow 10^{-5} \times 5 \times 1 = \text{مول سدیم کربنات} \times 2$$

$$\Rightarrow \text{مول سدیم کربنات} = 2/5 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

$$2/5 \times 10^{-5} \text{ mol Na}_2\text{CO}_3 \times \frac{106 \text{ g Na}_2\text{CO}_3}{1 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3}$$

$$\times \frac{10^3 \text{ mg Na}_2\text{CO}_3}{1 \text{ g Na}_2\text{CO}_3} = 2/65 \text{ mg Na}_2\text{CO}_3$$

سایر تست های این فصل را در صفحه ۲۱۷ ببینید.

... فصل ۱۳: صابونی شدن ...

۸۱- جرم مولی صابون جامد به دست آمده از کربوکسیلیک اسیدی که در آن گروه R شامل ۱۴ اتم کربن است، برابر چند گرم بر مول است؟
(ریاضی خارج از کشور ۹۶) $(\text{Na} = 23, \text{O} = 16, \text{C} = 12, \text{H} = 1: \text{g.mol}^{-1})$

۲۶۴ (۴) ۲۵۸ (۳) ۲۴۱ (۲) ۲۲۰ (۱)

۸۲- از واکنش $13/2$ گرم صابون جامد که حاوی زنجیره هیدروکربنی ۱۴ کربنه است با منیزیم کلرید کافی، به تقریب چند گرم رسوب به تقریب تشکیل می‌شود؟ $(\text{Mg} = 24, \text{Na} = 23, \text{O} = 16, \text{C} = 12, \text{H} = 1: \text{g.mol}^{-1})$

۱۰/۴ (۴) ۱۳/۳ (۳) ۱۲ (۲) ۱۲/۷ (۱)

۸۳- A یک کربوکسیلیک اسید زنجیری و سیر شده است. اگر $12/75$ گرم از این ماده با ۳ گرم سود برای تولید صابون واکنش دهد، جرم مولی ماده A چند گرم است؟ $(\text{Na} = 23, \text{C} = 12, \text{O} = 16, \text{H} = 1: \text{g.mol}^{-1})$

۱۷۰ (۴) ۱۲۷/۵ (۳) ۱۶۰ (۲) ۱۲۰ (۱)

۸۴- برای تهیه صابون ویژه، نخست استئاریک اسید $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$ را با سدیم هیدروکسید خنثی کرده و سپس ۱۰ درصد سدیم هیدروکسید اضافی نیز به آن می‌افزایند. حدود چند گرم سدیم هیدروکسید به ازای $1/42$ کیلوگرم استئاریک اسید لازم است؟

(تجربی ۹۴) $(\text{Na} = 23, \text{O} = 16, \text{H} = 1: \text{g.mol}^{-1})$

۲۲۰ (۴) ۴۴۰ (۳) ۱۴۰ (۲) ۱۸۰ (۱)

... فصل ۱۴: درجه یونش و ثابت اسیدها و بازها ...

۸۵- اگر درصد یونش محلول ۱ مولار اسید ضعیف HA، برابر با ۲۰ درصد باشد، درجه یونش و ثابت یونش اسید HA در محلول ۰/۶ مولار آن به ترتیب چه قدر است؟ (دما را ثابت در نظر بگیرید.)

5×10^{-2} و ۰/۲۵ (۲) 5×10^{-2} و ۰/۲ (۱)

5×10^{-3} و ۰/۲ (۴) 5×10^{-3} و ۰/۲۵ (۳)

پرسش‌های چهارگزینه‌ای

۸۶- به محلول اسیدی به حجم ۲ لیتر که غلظت یون هیدرونیوم در آن 0.1 mol.L^{-1} است، 0.02 مول از اسیدی ضعیف با ثابت یونش 10^{-3} اضافه می‌کنیم. غلظت اسید ضعیف پس از برقراری تعادل به تقریب چند مولار است؟

- (۱) $9/9 \times 10^{-5}$ (۲) $2/7 \times 10^{-3}$ (۳) $9/9 \times 10^{-3}$ (۴) $7/3 \times 10^{-3}$

۸۷- غلظت یون هیدرونیوم در محلول 0.05 مولار سولفوریک اسید که درصد یونش مرحله دوم آن برابر 20% است، چند مول بر لیتر است؟

- (۱) 0.1 (۲) 0.05 (۳) 0.06 (۴) 0.15

۸۸- در محلول 20% هیدروفلوئوریک اسید با چگالی 1 g.mL^{-1} و درجه یونش 5% ، مقدار K_a به تقریب کدام است؟ ($F = 19$, $H = 1$; g.mol^{-1})

- (۱) 0.053 (۲) 0.0263 (۳) 0.045 (۴) 0.09

۸۹- اگر در محلول اسید تک‌پروتونی HA، درجه یونش برابر با 0.8 باشد، ثابت یونش چند برابر غلظت یون هیدرونیوم است؟

- (۱) ۲ (۲) ۴ (۳) ۸ (۴) ۱۶

۹۰- $2/4$ گرم استیک اسید (CH_3COOH) در 0.5 لیتر آب، مطابق واکنش زیر حل شده است. اگر مجموع غلظت مولی یون هیدرونیوم و $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ در محلول، برابر $7/2 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ باشد، درصد یونش استیک اسید در شرایط آزمایش چند است؟ ($O = 16$, $C = 12$, $H = 1$; g.mol^{-1})

- (۱) $7/20$ (۲) $2/25$ (۳) $4/50$ (۴) $6/100$

فصل ۱۵: مسائل pH

۹۱- pH دو لیتر محلول هیدروکلریک اسید 0.01 مولار با افزودن چند گرم پتاسیم هیدروکسید ($M = 56 \text{ g.mol}^{-1}$)، به تقریب دو برابر می‌شود؟ (ریاضی ۹۳)

- (۱) 0.5 (۲) 0.55 (۳) 1.00 (۴) 1.11

۹۲- بر اثر حل شدن چند مول از یک اسید HA که K_a آن برابر یک است، در یک لیتر آب مقطر pH محلول به صفر می‌رسد؟ (تجربی ۹۳)

- (۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴



۹۳- اگر ۱۱/۲ میلی لیتر گاز هیدروژن کلرید در شرایط STP در ۲۵ میلی لیتر آب حل شود، pH محلول به تقریب کدام است و هر میلی لیتر از این محلول با چند میلی گرم کلسیم کربنات واکنش کامل می دهد؟ (حجم محلول ثابت و برابر حجم آب فرض شود و $\text{Ca} = 40, \text{O} = 16, \text{C} = 12 : \text{g.mol}^{-1}$) (ریاضی خارج از کشور ۹۵)

۱ و ۱/۷ (۱) ۲ و ۱/۷ (۲) ۳ و ۱/۳ (۳) ۴ و ۱/۳ (۴)

۹۴- چند گرم تری کلرو اتانویک اسید ($\text{K}_a \approx 2/5 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$) را باید در یک لیتر آب حل کرد تا pH محلول به ۱ برسد؟ (تجربی ۹۶)

($\text{Cl} = 35/5, \text{O} = 16, \text{C} = 12, \text{H} = 1 : \text{g.mol}^{-1}$)

۱) ۶/۵۴ ۲) ۸/۱۷ ۳) ۱۶/۳۵ ۴) ۲۲/۸۹

۹۵- اگر pH دو محلول جداگانه از اتانویک اسید ($\text{K}_a \approx 2 \times 10^{-5}$) و کلرو اتانویک اسید ($\text{K}_a \approx 2 \times 10^{-2}$) برابر ۳ باشد. نسبت غلظت مولار محلول اسید قوی تر به غلظت مولار محلول اسید ضعیف، به تقریب کدام است؟

۱) ۰/۰۱ ۲) ۰/۰۳ ۳) ۰/۱ ۴) ۰/۳

۹۶- در محلول منیزیم هیدروکسید در آب، غلظت یون ها از رابطه $[\text{Mg}^{2+}][\text{OH}^{-}]^2 = 1/5 \times 10^{-11} \text{ mol}^2.\text{L}^{-3}$ حداکثر غلظت منیزیم سولفات قابل حل در محلول سدیم هیدروکسید با $\text{pH} = 9$ ، برابر چند مول بر لیتر است؟ (ریاضی خارج از کشور ۹۴)

۱) $1/5 \times 10^{-6}$ ۲) 3×10^{-6} ۳) ۰/۳۰ ۴) ۰/۱۵

۹۷- با افزودن ۱۰ میلی لیتر از محلول یک ترکیب با خاصیت اسیدی قوی (HA) به ۹۰ میلی لیتر آب مقطر، pH محلول به ۲ کاهش می یابد. برای خنثی شدن کامل هر لیتر از محلول غلیظ اولیه این ترکیب اسیدی، چند گرم NaOH(s) لازم است؟ ($\text{Na} = 23, \text{O} = 16, \text{H} = 1 : \text{g.mol}^{-1}$) (تجربی ۹۷)

۱) ۴ ۲) ۴ ۳) ۱۰ ۴) ۴۰

پرسش‌های چهارگزینه‌ای

۹۸- غلظت گوگرد در یک نمونهٔ گازوئیل برابر 6400 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 1000 لیتری را به تقریب چند واحد کاهش دهد؟

(در شرایط آزمایش هر دو مرحلهٔ یونش اسید را کامل فرض کنید.) (ریاضی ۹۶)

$$(S = 32, O = 16, H = 1; \text{g.mol}^{-1})$$

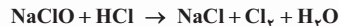
۳/۶ (۱) ۴/۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)

۹۹- محلول 0.1 مولار اسید ضعیف HA ($K_a = 10^{-7}$)، با اضافه کردن سدیم هیدروکسید جامد در حال خنثی شدن است. pH این محلول از آغاز واکنش تا خنثی شدن 50 درصد از مقدار اسید، به تقریب چند واحد تغییر می‌کند؟

(ریاضی خارج از کشور ۹۶) $(\sqrt{2} = 1/4, \log 7 = 0.85)$

۰/۳ (۱) ۰/۲ (۲) ۰/۴ (۳) ۰/۱۵ (۴)

۱۰۰- 5 لیتر محلول هیدروکلریک اسید با $\text{pH} = 1$ با افزودن NaClO(aq) طبق معادلهٔ موازنه‌نشدهٔ زیر، به طور کامل واکنش داده است. اگر بازده درصدی واکنش، 80% و حجم مولی گازها 25 لیتر باشد، حجم گاز کلر به دست آمده چند لیتر است؟



۱۲/۵ (۱) ۱۰ (۲) ۶/۲۵ (۳) ۵ (۴)

... فصل ۱۶: سلول‌های گالوانی ...

۱۰۱- 20 گرم از آلیاژ نقره و روی، در مقدار کافی از محلول هیدروکلریک اسید انداخته شده است، اگر در پایان واکنش، 2 لیتر گاز در شرایطی که چگالی گاز حاصل برابر 0.8 گرم بر لیتر است، آزاد شود، چند درصد جرم این آلیاژ را نقره

تشکیل می‌دهد؟ ($\text{Ag} = 108, \text{Zn} = 65; \text{g.mol}^{-1}$) (تجربی خارج از کشور ۹۶)

۷۰ (۱) ۷۴ (۲) ۸۰ (۳) ۸۴ (۴)



پاسخنامه تشریحی

$$\begin{aligned} & 1/42 \text{ kg } C_{18}H_{36}O_2 \times \frac{1000 \text{ g } C_{18}H_{36}O_2}{1 \text{ kg } C_{18}H_{36}O_2} \times \frac{1 \text{ mol } C_{18}H_{36}O_2}{284 \text{ g } C_{18}H_{36}O_2} \\ & \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ mol } C_{18}H_{36}O_2} \times \frac{40 \text{ g NaOH}}{1 \text{ mol NaOH}} = 200 \text{ g NaOH} \end{aligned}$$

همان طور که در صورت تست گفته شده، ۱۰ درصد سدیم هیدروکسید اضافی نیز به مخلوط اضافه می‌شود. پس:

$$\text{جرم سدیم هیدروکسید اضافی} = 200 \times \frac{10}{100} = 20 \text{ g}$$

$$\text{کل جرم سدیم هیدروکسید مصرفی} = 200 + 20 = 220 \text{ g}$$

۸۵- گزینه «۲» ثابت یونش اسیدها در دمای ثابت همواره یکسان است. اما

درجه یونش اسید متناسب با غلظت مولار آن متفاوت است.



غلظت اولیه	۱	۰	۰
تغییر غلظت	-۰/۲	+۰/۲	+۰/۲
غلظت نهایی	۰/۸	۰/۲	۰/۲

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} \Rightarrow K_a = \frac{0/2 \times 0/2}{0/8} = 5 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

حالا درجه یونش اسید را در حالتی که غلظت اولیه اسید ۰/۶ مولار باشد، حساب



غلظت اولیه	۰/۶	۰	۰
تغییر غلظت	-۰/۶α	+۰/۶α	+۰/۶α
غلظت نهایی	۰/۶(۱-α)	۰/۶α	۰/۶α

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} \Rightarrow 5 \times 10^{-2} = \frac{(0/6\alpha) \times (0/6\alpha)}{0/6(1-\alpha)}$$

$$\Rightarrow 0/6\alpha^2 + 0/05\alpha - 0/05 = 0 \Rightarrow \begin{cases} \alpha = 0/25 \text{ قق} \\ \alpha \approx -0/33 \text{ غق} \end{cases}$$

پس درجه یونش اسید HA، در حالت دوم، برابر 0/25 است.

۸۶- گزینه «۳» غلظت اولیه اسید ضعیف معادل $0/01 = \frac{0/02}{\gamma}$ مولار است.



غلظت نهایی $0/01-x$ $0/1+x$ x

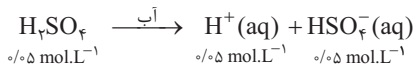
$$K_{a(HA)} = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} \Rightarrow 10^{-3} = \frac{(0/1+x)(x)}{(0/01-x)}$$

برای حل معادله می توانیم از x در مقابل $0/1$ و $0/01$ صرف نظر کنیم.

$$10^{-3} = \frac{(0/1)(x)}{(0/01)} \Rightarrow x = 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$HA \text{ غلظت نهایی } = (0/01 - 10^{-4}) = 9/9 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

۸۷- گزینه «۳» مرحله اول به طول کامل یونش می یابد:



مرحله دوم به صورت ناقص یونش می یابد:



غلظت اولیه $0/05 \text{ mol.L}^{-1}$ $0/05$ 0

غلظت نهایی $0/05-x$ $0/05+x$ x

پاسخنامه تشریحی

در معادله صفحه قبل به میزان $M\alpha$ از اسید وارد واکنش یونش می‌شود.

پس x از رابطه مقابل به دست می‌آید:

$$x = M\alpha = 0.05 \times \frac{2}{10} = 0.01 \text{ mol.L}^{-1}$$

بنابراین خواهیم داشت:

$$[H^+] = 0.05 + x = 0.05 + 0.01 = 0.06 \text{ mol.L}^{-1}$$

۸۸- گزینه «۲» ابتدا غلظت مولار هیدروفلوئوریک اسید را به دست می‌آوریم:

$$[HF]_{\text{اولیه}} = \frac{10 \cdot a \cdot d}{M} = \frac{10 \times 20 \times 1}{20} = 10 \text{ مولار}$$



مقدار اولیه ۱۰ ۰ ۰

مقدار تعادلی ۱۰ - x x x

$$x = M\alpha = \frac{5}{100} \times 10 = 0.5 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$K_a = \frac{[H_3O^+][F^-]}{[HF]} = \frac{0.5 \times 0.5}{9.5} = 0.0263$$

۸۹- گزینه «۲»



غلظت اولیه M ۰ ۰

غلظت نهایی M - x x x

$$\alpha = 0.8 \Rightarrow x = 0.8M$$

$$K_a = \frac{0.8M \times 0.8M}{0.2M} = 3.2M$$

$$\frac{K_a}{[H^+]} = \frac{3.2M}{0.8M} = 4$$



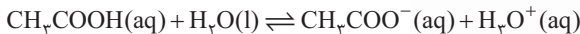
۹۰- گزینه «۳» ابتدا مول استیک اسید را حساب می‌کنیم:

$$2/4 \text{ g CH}_3\text{COOH} \times \frac{1 \text{ mol CH}_3\text{COOH}}{60 \text{ g CH}_3\text{COOH}} = 0/04 \text{ mol CH}_3\text{COOH}$$

حالا غلظت مولی استیک اسید را حساب می‌کنیم:

$$[\text{CH}_3\text{COOH}]_{\text{اولیه}} = \frac{\text{مول}}{\text{حجم محلول}} = \frac{0/04 \text{ mol}}{0/5 \text{ L}} = 0/08 \text{ mol.L}^{-1}$$

معادله یونش این اسید به صورت زیر انجام می‌شود.



ضریب استوکیومتری H_3O^+ و CH_3COOH با هم برابر است. بنابراین به ازای هر مول CH_3COOH که یونش می‌یابد، یک مول H_3O^+ تولید می‌شود. در نتیجه غلظت $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ با غلظت $[\text{H}_3\text{O}^+]$ تولیدشده برابر است.

$$[\text{H}_3\text{O}^+] + [\text{CH}_3\text{COO}^-] = 7/2 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{CH}_3\text{COO}^-] = \frac{7/2 \times 10^{-3}}{2} = 3/6 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\alpha = \frac{\text{غلظت مولی یونیده شده}}{\text{غلظت مولی اولیه حل شده}} = \frac{3/6 \times 10^{-3}}{0/08} = 4/5 \times 10^{-2}$$

$$\alpha \times 100 = 4/5 \times 10^{-2} \times 100 = 4/5 \text{ درصد یونش}$$

۹۱- گزینه «۴» با توجه به این که HCl اسید قوی است، مقدار α را برای

این اسید برابر ۱ در نظر می‌گیریم:

$$\text{H}^+ \text{ غلظت اولیه} = [\text{H}^+]_{\text{اولیه}} = M \cdot \alpha = 10^{-2} \times 1 = 10^{-2} \text{ mol/L}$$

$$\text{pH}_1 = -\log[\text{H}^+] = -\log 10^{-2} = 2$$

$$\text{pH}_2 = 2\text{pH}_1 = 2 \times 2 = 4$$

pH ثانویه:

پاسخنامه تشریحی

غلظت در $[H^+]$ محلول، پس از افزودن KOH به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$[H^+]_{\text{نابویه}} = 10^{-pH} = 10^{-4} = 0.0001 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[H^+] \text{ تغییر غلظت} = 0.01 - 0.0001 = 0.0099 \text{ mol.L}^{-1}$$

اکنون جرم KOH مورد نیاز برای خنثی کردن دو لیتر محلول 0.0099 مولار $[H^+]$

را به دست می‌آوریم: $KOH(s) + HCl(aq) \rightarrow KCl(aq) + H_2O(l)$

$$0.0099 \frac{\text{mol HCl}}{1 \text{ L}} \times 2 \text{ L} \times \frac{1 \text{ mol KOH}}{1 \text{ mol HCl}} \times \frac{56 \text{ g KOH}}{1 \text{ mol KOH}}$$

$$= 1.1088 \text{ g} \approx 1.11 \text{ g KOH}$$

$$10^{-pH} = [H^+] \Rightarrow 10^0 = [H^+] \Rightarrow [H^+] = 1$$

۹۲- گزینه «۲»

$$[H^+] = 1 = M \times \alpha$$

$$K_a = \frac{M \cdot \alpha}{1 - \alpha} \Rightarrow K_a = \frac{(M \cdot \alpha) \times \alpha}{1 - \alpha} \xrightarrow{M \times \alpha = 1} 1 = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

$$\Rightarrow 2\alpha = 1 \Rightarrow \alpha = 0.5$$

$$[H^+] = 1 = M \times \alpha \xrightarrow{\alpha = 0.5} 1 = M \times 0.5 \Rightarrow M = 2 \text{ mol/L}$$

$$M = \frac{\text{مول حل شونده}}{\text{لیتر محلول}} \Rightarrow 2 \frac{\text{mol}}{\text{L}} = \frac{\text{مول حل شونده}}{1 \text{ L}}$$

$$\Rightarrow \text{مول حل شونده} = 2 \text{ mol HA}$$

۹۳- گزینه «۱» با حل کردن گاز هیدروژن کلرید در آب، محلول هیدروکلریک اسید

حاصل می‌شود. ابتدا تعداد مول گاز هیدروژن کلرید حل شده را به دست می‌آوریم.

در شرایط STP حجم مولی گازها برابر 22.4 است:

$$11/2 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{1 \text{ mol}}{22.4 \text{ L}} = 5 \times 10^{-4} \text{ mol HCl}$$

$$M = \frac{\text{مول حل شونده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{5 \times 10^{-4} \text{ mol}}{0.025 \text{ L}} = 0.02 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[H^+] = M \cdot \alpha = 0.02 \times 1 = 0.02 \text{ mol/L}$$

$$\begin{aligned} \text{pH} &= -\log[H^+] = -\log(2 \times 10^{-2}) = -\log 2 - \log 10^{-2} \\ &= -\log 2 + 2 = -0.3 + 2 = 1.7 \end{aligned}$$

معادله واکنش انجام شده به صورت زیر است:



$$\begin{aligned} \frac{\text{لیتر محلول} \times \text{غلظت مولی}}{\text{ضریب}} &= \frac{\text{گرم}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \\ &= \frac{0.02 \text{ mol.L}^{-1} \times 10^{-3} \text{ L HCl}}{2 \times 1} = \frac{x \text{ g CaCO}_3}{100 \times 1} \end{aligned}$$

$$x = 0.001 \text{ g} = 1 \text{ mg CaCO}_3$$

۹۴- گزینه «۴» فرمول مولکولی تری کلرو اتانویک اسید به صورت

CCl_3COOH است. ابتدا مقدار $\frac{K_a}{M}$ را محاسبه می کنیم:

$$[H^+] = 10^{-\text{pH}} \xrightarrow{\text{pH}=1} [H^+] = 10^{-1} = M\alpha \Rightarrow M\alpha = 0.1$$

$$K_a = \frac{M\alpha^2}{1-\alpha} \Rightarrow 2/5 \times 10^{-1} = \frac{\overbrace{(M\alpha)}^{0.1} \cdot \alpha}{1-\alpha}$$

$$\Rightarrow 2/5 - 2/5\alpha = \alpha \Rightarrow 2/5 = 3/5\alpha \Rightarrow \alpha = \frac{2}{3}$$

$$M \times \alpha = 0.1 \xrightarrow{\alpha = \frac{2}{3}} M \times \frac{2}{3} = 0.1 \Rightarrow M = 0.15 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$M = \frac{\text{مول حل شونده}}{\text{لیتر محلول}} \Rightarrow 0.15 \text{ mol.L}^{-1} = \frac{n \text{ mol}}{1 \text{ L}}$$

$$\Rightarrow n = 0.15 \text{ mol}$$

پاسخنامه تشریحی

جرم مولی CCl_3COOH برابر $163/5 \text{ g.mol}^{-1}$ است:

$$\begin{aligned} & \bullet / 14 \text{ mol CCl}_3\text{COOH} \times \frac{163/5 \text{ g CCl}_3\text{COOH}}{1 \text{ mol CCl}_3\text{COOH}} \\ & = 22/89 \text{ g CCl}_3\text{COOH} \end{aligned}$$

۹۵- گزینه «۴»

کلرو اتانویک اسید $[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} \xrightarrow{\text{pH}=3} [\text{H}^+] = 10^{-3} \text{ mol/L}$

$$[\text{H}^+] = 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} = M \times \alpha$$

$$K_a = \frac{M\alpha^2}{1-\alpha} \Rightarrow K_a = \frac{\overbrace{(M \times \alpha)}^{10^{-3}} \times \alpha}{1-\alpha} \Rightarrow 2 \times 10^{-3} = \frac{10^{-3} \times \alpha}{1-\alpha}$$

$$\Rightarrow 2 = \frac{\alpha}{1-\alpha} \Rightarrow 2 - 2\alpha = \alpha \Rightarrow 2 = 3\alpha \Rightarrow \alpha = \frac{2}{3}$$

$$[\text{H}^+] = M \times \alpha \xrightarrow{\alpha = \frac{2}{3}} 10^{-3} = M \times \frac{2}{3} \Rightarrow M = 1/5 \times 10^{-3}$$

اتانویک اسید $[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$

$$[\text{H}^+] = M \times \alpha = 10^{-3}$$

$$K_a = \frac{M\alpha^2}{1-\alpha}$$

چون مقدار K_a از 10^{-4} کوچک تر است می توانیم از مخرج در عبارت بالا صرف نظر کنیم.

$$K_a = 2 \times 10^{-5} \approx M\alpha^2 = \overbrace{(M \times \alpha)}^{10^{-3}} \times \alpha$$

$$\Rightarrow 2 \times 10^{-5} = 10^{-3} \times \alpha \Rightarrow \alpha = 2 \times 10^{-2}$$

$$[\text{H}^+] = M \cdot \alpha \xrightarrow{\alpha = 2 \times 10^{-2}} 10^{-3} = M \times 2 \times 10^{-2}$$

$$\Rightarrow M = \frac{10^{-3}}{2 \times 10^{-2}} = 5 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

با توجه به این که K_a برای اسید کلروواتانویک اسید بزرگ تر است، پس از اتانویک اسید قوی تر می باشد. $\frac{\text{غلظت اسید قوی}}{\text{غلظت اسید ضعیف}} = \frac{1/5 \times 10^{-3}}{5 \times 10^{-2}} = 0/3$

۹۶- گزینه «۴» به کمک pH داده شده می توانیم غلظت یون OH^- موجود در محلول را محاسبه کنیم:

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14} \Rightarrow [\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-9}} = 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$$

حالا به کمک رابطه داده شده، حداکثر غلظت یون منیزیم را محاسبه می کنیم:

$$[\text{Mg}^{2+}][\text{OH}^-]^2 = 1/5 \times 10^{-11}$$

$$\Rightarrow [\text{Mg}^{2+}](10^{-5})^2 = 1/5 \times 10^{-11}$$

$$\Rightarrow [\text{Mg}^{2+}] = \frac{1/5 \times 10^{-11}}{10^{-10}} = 0/15 \text{ mol.L}^{-1}$$

با توجه به این که به ازای انحلال هر ۱ مول منیزیم سولفات، ۱ مول یون منیزیم به دست می آید:

$$\text{MgSO}_4 \rightarrow \text{Mg}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$$

حداکثر غلظت منیزیم سولفات قابل حل، برابر با غلظت یون منیزیم و همان ۰/۱۵ مولار است.

۹۷- گزینه «۲» روش اول: اسید HA قوی است، پس داریم $\alpha = 1$:

$$\text{pH}_r = 2 \Rightarrow 10^{-\text{pH}_r} = [\text{H}^+]_{\text{ثانویه}} = M_r \cdot \alpha \Rightarrow 10^{-2} = M_r \times 1$$

$$\Rightarrow M_r = 0/01 \text{ mol.L}^{-1} \text{ غلظت ثانویه}$$

$$M_1 V_1 = M_r (V_1 + A)_{\text{حجم آب}}$$

$$M_1 \times 10 = 10^{-2} \times (10 + 90) \Rightarrow M_1 = 0/1 \text{ mol.L}^{-1} \text{ غلظت اولیه:}$$

پاسخنامه تشریحی

«روش دوم» می‌دانیم که اگر با اضافه کردن آب به یک محلول اسیدی، حجم آن را n برابر کنیم، pH محلول به صورت زیر تغییر می‌کند: $pH_2 = pH_1 + \log n$
در این سؤال، با افزودن 10 میلی‌لیتر از محلول اسید قوی (HA) به 90 میلی‌لیتر آب مقطر، حجم محلول 10 برابر شده و برابر 100 میلی‌لیتر می‌شود. ($n = 10$)

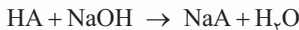
$$pH_2 = pH_1 + \log 10 \xrightarrow{pH_2=2} 2 = pH_1 + 1 \Rightarrow pH_1 = 1$$

$$[H^+]_{\text{اولیه}} = 10^{-pH_1} = 10^{-1} = 0.1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

با توجه به این که HA اسید قوی است، پس α آن برابر 1 است.

$$[H^+]_{\text{اولیه}} = M_1 \times \alpha \Rightarrow 0.1 = M_1 \times 1 \rightarrow M_1 = 0.1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

معادله واکنش انجام شده به صورت زیر است:



مقدار گرم $NaOH$ به ازای خنثی کردن 1 لیتر از محلول غلیظ اولیه خواسته شده است، پس داریم:

$$1 \text{ L} \times \frac{0.1 \text{ mol HA}}{\text{L}} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ mol HA}} \times \frac{40 \text{ g NaOH}}{1 \text{ mol NaOH}} = 4 \text{ g NaOH}$$

۹۸- گزینه «۱» یک تن (10^6 g) از این سوخت، شامل 6400 گرم گوگرد است:

گرم سوخت S گرم

$$\left[\begin{array}{l} 10^6 \rightarrow 6400 \\ 10^3 \rightarrow x \end{array} \right] \Rightarrow x = 6/4 \text{ g S}$$

دقت کنید!!! طی مراحل واکنش، تمام گوگرد به H_2SO_4 تبدیل شده است.





$$6/4 \text{ gS} \times \frac{1 \text{ molS}}{32 \text{ gS}} \times \frac{2 \text{ molH}_2\text{SO}_4}{2 \text{ molS}} = 0/2 \text{ molH}_2\text{SO}_4$$

مخزن داده شده دارای ۱۰۰۰ لیتر آب است و پس از افزودن ۰/۲ مول سولفوریک اسید به این مقدار آب، غلظت محلول سولفوریک اسید برابر می شود با:

$$[H_2SO_4] = \frac{\text{مول حل شونده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{0/2 \text{ mol}}{1000 \text{ L}} = 2 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

با توجه به فرض سؤال، سولفوریک اسید یک اسید قوی ($\alpha = 1$) با $n = 2$ است.

$$[H^+] = M.n.\alpha = 2 \times 10^{-4} \times 2 \times 1 = 4 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

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

$$= -2 \log 2 + 4 = -2(0/3) + 4 = 3/4$$

pH آب خالص برابر ۷ است، با اضافه کردن محلول سولفوریک اسید، pH محلول به ۳/۴ می رسد؛ بنابراین میزان کاهش pH برابر است با:

$$pH \text{ کاهش میزان} = 7 - 3/4 = 3/6$$

$$K_a = \frac{M\alpha^2}{1-\alpha}$$

۹۹- گزینه «۴»

از آن جایی که مقدار K_a از 10^{-4} کوچک تر است، می توانیم از مخرج کسر بالا صرف نظر کنیم و K_a را از رابطه زیر به دست می آوریم:

$$K_a = M.\alpha^2 \Rightarrow 10^{-7} = 0/1\alpha^2 \Rightarrow \alpha^2 = 10^{-6} \Rightarrow \alpha = 10^{-3}$$

$$pH_1 = -\log[H^+] = -\log(M.\alpha) = -\log(0/1 \times 10^{-3})$$

$$= -\log 10^{-4} = 4$$

پاسخنامه تشریحی

همان طور که در صورت سؤال گفته شده است، با اضافه کردن سدیم هیدروکسید، ۵۰ درصد اسید خنثی می شود؛ پس غلظت اسید ضعیف HA از ۰/۱ مولار به ۰/۰۵ مولار می رسد. اکنون pH اسید ضعیف HA را پس از خنثی شدن ۵۰ درصد آن به دست می آوریم:

$$K_a = M \cdot \alpha^2 \Rightarrow 10^{-7} = 0.05 \alpha^2 \Rightarrow \alpha^2 = \frac{10^{-7}}{5 \times 10^{-2}}$$

$$\Rightarrow \alpha = 2 \times 10^{-6} \Rightarrow \alpha = \sqrt{2 \times 10^{-6}} \approx 1/4 \times 10^{-3}$$

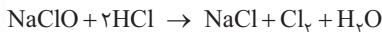
$$pH_f = -\log[H^+] = -\log(M \cdot \alpha) = -\log(0.05 \times 1/4 \times 10^{-3})$$

$$= -\log(7 \times 10^{-5}) = 5 - \log 7 = 5 - 0.85 = 4.15$$

حالا تغییرات pH محلول را به دست می آوریم:

$$\text{تغییر pH محلول} = pH_f - pH_i = 4.15 - 4 = 0.15$$

۱۰۰- گزینه «۴» معادله موازنه شده واکنش به صورت زیر است:



$$\text{HCl} : \text{pH} = 1 \Rightarrow [H^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-1} = 0.1 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\Rightarrow [\text{HCl}] = 0.1 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\frac{\text{غلظت مولی محلول} \times \text{لیتر محلول} \times \frac{R}{100}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{لیتر گاز (غیر STP)}}{25 \times \text{ضریب}}$$

$$\Rightarrow \frac{5 \text{ L} \times 0.1 \text{ mol.L}^{-1} \text{ HCl} \times \frac{80}{100}}{2} = \frac{x \text{ L Cl}_2}{1 \times 25} \Rightarrow x = 5 \text{ L Cl}_2$$

۱۰۱- گزینه «۲» نقره در سری الکتروشیمیایی، بالاتر از هیدروژن است؛

بنابراین با HCl واکنش نمی دهد. به این ترتیب داریم:

