



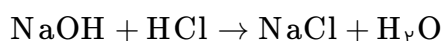
گزینه ۲

۱

باتوجه به اینکه غلظت هیدروکلریک اسید ثابت می ماند می توانیم به جای مقایسه حجم گزینه ها، مول آن ها را محاسبه کنیم زیرا هرچه مول بیشتری برای خنثی شدن مصرف شود، حجم بیشتری نیز مصرف می شود.

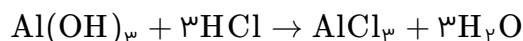
بررسی گزینه ها:

گزینه ۱:



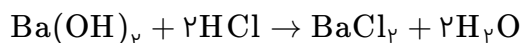
$$? \text{ mol HCl} = 0.01 \text{ mol NaOH} \times \frac{1 \text{ mol HCl}}{1 \text{ mol NaOH}} = 0.01 \text{ mol HCl}$$

گزینه ۲:



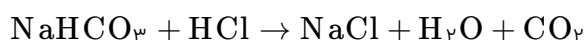
$$? \text{ mol HCl} = 0.005 \text{ mol Al(OH)}_3 \times \frac{3 \text{ mol HCl}}{1 \text{ mol Al(OH)}_3} = 0.015 \text{ mol HCl}$$

گزینه ۳:



$$? \text{ mol HCl} = 0.007 \text{ mol Ba(OH)}_2 \times \frac{2 \text{ mol HCl}}{1 \text{ mol Ba(OH)}_2} = 0.014 \text{ mol HCl}$$

گزینه ۴:



$$? \text{ mol HCl} = 0.012 \text{ mol NaHCO}_3 \times \frac{1 \text{ mol HCl}}{1 \text{ mol NaHCO}_3} = 0.012 \text{ mol HCl}$$

همان طور که در بالا مشخص است، در گزینه ۲ تعداد مول بیشتری از HCl مصرف می شود.

توجه: از واکنش هیدروکلریک اسید با سدیم هیدروژن کربنات، نمک سدیم کلرید، آب و گاز کربن دی اکسید تولید می شود.

نمودارهای مربوط به تغییرات pH محلول ۱ مولار باز BOH، نسبت به درصد تفکیک یونی آن هستند. از آنجاکه pH محلول بازی نمی‌تواند بین ۰ تا ۷ باشد بنابراین به راحتی گزینه‌های (۲) و (۳) حذف می‌شوند.

اکنون برای مقایسه گزینه‌های ۱ و ۴، درصد تفکیک یونی باز را در دو pH مختلف (مثلاً در $pH = 9$ و $pH = 12$) به دست می‌آوریم:

$$pH = 9 \rightarrow [H^+] = 10^{-9} \Rightarrow [OH^-] = 10^{-5}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} M = 1 \text{ mol.L}^{-1}, \quad n = 1 \quad (\text{n ظرفیت باز است که برابر تعداد عامل OH در ترکیب بازی است}) \\ [OH^-] = M \cdot n \cdot \alpha \Rightarrow 10^{-5} = 1 \times 1 \times \alpha \Rightarrow \alpha = 10^{-5} \Rightarrow \% \alpha = 10^{-3} \end{array} \right.$$

$$pH = 12 \rightarrow [H^+] = 10^{-12} \Rightarrow [OH^-] = 10^{-2}$$

$$[OH^-] = M \cdot n \cdot \alpha \Rightarrow 10^{-2} = 1 \times 1 \times \alpha \Rightarrow \alpha = 10^{-2} \Rightarrow \% \alpha = 1$$

ملاحظه می‌کنید که اعداد به دست آمده فقط می‌تواند با نمودار ۴ مطابقت داشته باشد.

$$? \text{mol HCl} = 44/8 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{1 \text{ mol}}{22/4 \text{ L}} = 2 \times 10^{-3} \text{ mol HCl}$$

در محلول اسیدهای قوی تک پروتون دار مانند HCl غلظت H^+ برابر غلظت اسید است.

$$[H^+] = [HCl] = \frac{2 \times 10^{-3} \text{ mol}}{0/5 \text{ L}} = 4 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$pH = -\log[H^+] = -\log 4 \times 10^{-3} = -\log 4 - \log 10^{-3} = -0/6 + 3 = 2/4$$

$$[H^+][OH^-] = 10^{-14} \Rightarrow [OH^-] = \frac{10^{-14}}{4 \times 10^{-3}} = 2/5 \times 10^{-12}$$

$$\frac{[H^+]}{[OH^-]} = \frac{4 \times 10^{-3}}{2/5 \times 10^{-12}} = 1/6 \times 10^9$$

عبارت‌های اول و سوم درست هستند.

بررسی عبارت‌ها:

عبارت اول: درست. اغلب اسیدها و بازهای شناخته شده، ضعیف هستند.

عبارت دوم: نادرست. هیدروسیانیک اسید، یک اسید ضعیف است و به میزان جزئی یونیده می‌شود، بنابراین غلظت یون‌های حاصل از یونش این اسید به مراتب کمتر از غلظت اولیه اسید ($0/1 \text{ mol.L}^{-1}$) است.

عبارت سوم: درست. فرمیک اسید نسبت به استیک اسید، اسید قوی‌تری است (ثابت یونش اسیدی بزرگ‌تری دارد)، بنابراین در غلظت‌های یکسان از این دو اسید، غلظت $[H^+]$ در محلول فرمیک اسید، بیشتر و در نتیجه pH آن کمتر خواهد بود.

عبارت چهارم: نادرست. اگرچه آمونیاک ضمن تشکیل پیوند هیدروژنی با مولکول‌های آب، به خوبی در آب حل می‌شود؛ اما میزان یونش این ماده در آب، جزئی است و در نتیجه الکترولیت ضعیف محسوب می‌شود.

$$\text{HX} \quad \left\{ \begin{array}{l} [\text{H}^+] = [\text{اسید}] = \frac{0.01 \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = 0.1 \text{ mol.L}^{-1} \\ \text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log 10^{-1} \Rightarrow \text{pH} = 1 \end{array} \right. \quad (\text{اسید قوی تک پروتون دار})$$

$$\text{HY} \quad \left\{ \begin{array}{l} [\text{H}^+] = [\text{اسید}] \times \alpha = \frac{0.01 \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} \times 0.02 = 2 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \\ \text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log 2 \times 10^{-3} = -\log 2 - \log 10^{-3} = -0.3 + 3 = 2.7 \end{array} \right. \quad (\text{اسید ضعیف})$$

$$\frac{\text{pH}(\text{HY محلول})}{\text{pH}(\text{HX محلول})} = \frac{2.7}{1} = 2.7$$

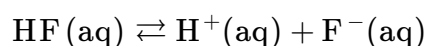
عبارت‌های دوم و پنجم نادرست‌اند.

مجموع عدد اتمی این ۵ عنصر برابر با ۴۵ است که نشان می‌دهد محدوده عدد اتمی این عناصر می‌بایست نزدیک به عدد ۱۰ باشد. از طرف دیگر Y، گاز تک‌اتمی است که نشان می‌دهد یک گاز نجیب است. از آنجا که عدد اتمی این عناصر در محدوده ۱۰ است، عنصر Y می‌بایست عنصر ^{10}Ne باشد. با توجه به فرض سؤال که عناصر به‌طور متوالی قرار گرفته‌اند و از روی موقعیت عنصر Y (^{10}Ne) سایر عناصری داده شده را می‌توانیم به راحتی پیش‌بینی کنیم:

$\frac{15}{\text{A}}$	$\frac{16}{\text{D}}$	$\frac{17}{\text{X}}$	$\frac{18}{\text{Y}}$	$\frac{1}{\text{Z}}$
↓	↓	↓	↓	↓
7N	8O	9F	^{10}Ne	^{11}Na
دوره دوم				دوره سوم

بررسی عبارت‌ها:

عبارت اول: درست. HX در واقع همان HF است که به صورت محلول در آب (هیدروفلوئوریک اسید) یک اسید ضعیف بوده و معادله یونش آن تعادلی است:



عبارت دوم: نادرست. HNO_3 (نیتریک اسید) و HNO_2 (نیترواسید) دو اسید اکسیژن‌داری هستند که در ساختار آن‌ها عنصر نیتروژن وجود دارد. HNO_3 یک اسید قوی است و یونش آن در آب کامل است، در حالی که HNO_2 یک اسید ضعیف بوده و به‌طور جزئی دچار یونش می‌شود.

عبارت سوم: درست. در ترکیب DX_2 یا OF_2 ، عنصر اکسیژن دارای عدد اکسایش (+۲) است که بالاترین عدد اکسایش ممکن برای این عنصر است.

عبارت چهارم: درست. ترکیب حاصل از واکنش عنصر Z با D (Na_2O) نقطه ذوب بالاتری نسبت به LiF دارد؛ زیرا مجموع مقدار بار الکتریکی یون‌های سازنده این ترکیب از LiF بیشتر بوده و در نتیجه آنتالپی فروپاشی شبکه بزرگ‌تری دارد.

$$\begin{cases} \text{Na}_2\text{O}(\text{Na}^+, \text{O}^{2-}) \Rightarrow \text{مجموع مقدار بار یون‌ها} = 3 \\ \text{LiF}(\text{Li}^+, \text{F}^-) \Rightarrow \text{مجموع مقدار بار یون‌های سازنده ترکیب} = 2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \uparrow \text{آنتالپی فروپاشی شبکه} \rightarrow \uparrow \text{مجموع مقدار بار یون‌ها}$$

$$\uparrow \text{نقطه ذوب}$$

عبارت پنجم: نادرست. ساختار و ویژگی‌های فیزیکی ترکیب هیدروژن‌دار پایدار D (یعنی H_2O) با H_2S متفاوت است. قطبیت مولکول‌های آب به مراتب از H_2S بیشتر بوده و توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی دارند (H_2S فاقد توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی است)؛ به همین دلیل دمای جوش H_2O از H_2S بیشتر است.

دومین عنصر فراوان در پوسته جامد زمین، $^{28}_{14}\text{Si}$ است؛ بنابراین عدد اتمی عنصر X طبق فرض سؤال، برابر با $Z = 7$ خواهد بود.



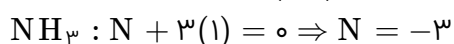
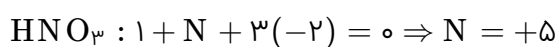
عنصر نیتروژن در گروه ۱۵ جدول دوره‌ای عناصر قرار دارد. در گروه ۱۴ تا ۱۷، بیشترین و کمترین عدد اکسایش عنصر، از روابط زیر به دست می‌آید:

رقم یکان شماره گروه = بیشترین عدد اکسایش

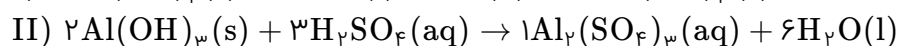
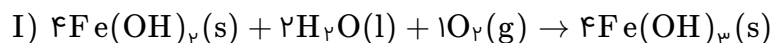
۸ - رقم یکان شماره گروه = کمترین عدد اکسایش

بنابراین بیشترین عدد اکسایش عنصر نیتروژن برابر با +۵ و کمترین عدد اکسایش آن برابر با -۳ خواهد بود.

اگر در گزینه ۴ به جای X ، عنصر N قرار دهیم، ترکیب‌های HNO_3 (نیتریک اسید) و NH_3 (آمونیاک) به دست می‌آید که به ترتیب اسید و باز آرنیوس هستند. در ترکیب HNO_3 ، عنصر نیتروژن با بیشترین عدد اکسایش (+۵) و در ترکیب NH_3 ، نیتروژن با کمترین عدد اکسایش خود (-۳)، شرکت کرده است.



ابتدا معادله‌های داده‌شده را موازنه می‌کنیم:



بررسی عبارت‌ها:

(عبارت‌های دوم، سوم و چهارم درست‌اند)

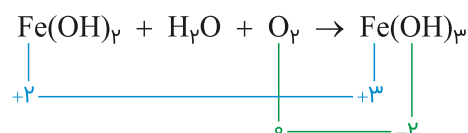
عبارت اول: نادرست.

$$\begin{aligned} & 12/04 \times 10^{23} (\text{H}_2\text{O مولکول}) \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{6/02 \times 10^{23} (\text{H}_2\text{O مولکول})} \\ & \times \frac{4 \text{ mol Fe(OH)}_3}{2 \text{ mol H}_2\text{O}} \times \frac{107 \text{ g Fe(OH)}_3}{1 \text{ mol Fe(OH)}_3} = 428 \text{ g} \end{aligned}$$

بنابراین به ازای مصرف $12/04 \times 10^{23}$ مولکول آب، ۴۲۸ گرم رسوب Fe(OH)_3 تشکیل می‌شود.

عبارت دوم: درست.

واکنش (I) از نوع اکسایش و کاهش است؛ زیرا عدد اکسایش آهن و عنصر اکسیژن در این واکنش تغییر کرده است.



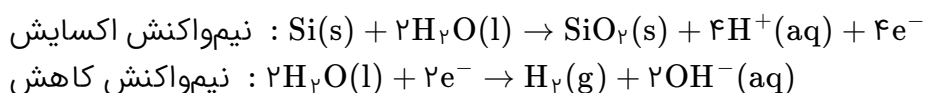
واکنش (II) از نوع خنثی شدن اسید و باز است. در این واکنش، آلومینیوم هیدروکسید (به‌عنوان یک باز) با سولفوریک اسید (به‌عنوان یک اسید) وارد واکنش شده و فرآورده حاصل از واکنش، نمک (آلومینیوم سولفات) و آب است.

عبارت سوم: درست.

$$1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4 \times \frac{6 \text{ mol H}_2\text{O}}{3 \text{ mol H}_2\text{SO}_4} \times \frac{18 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} = 36 \text{ g H}_2\text{O}$$

عبارت چهارم: درست. مطابق معادله موازنه‌شده واکنش (I) و (II)، مجموع ضرایب استوکیومتری واکنش‌دهنده‌ها در واکنش (I) و همچنین مجموع ضرایب استوکیومتری فرآورده‌ها در واکنش (II) برابر با ۷ است.

نیمواکنش اول که E° کوچک‌تری دارد به صورت اکسایشی در آند و نیمواکنش دوم که E° بزرگ‌تری دارد به صورت کاهش‌ی در کاتد انجام می‌شود.



بررسی عبارت‌ها:

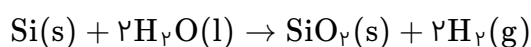
عبارت اول: نادرست. در اطراف کاتد، در نتیجه نیمواکنش کاهش، محلول بازی می‌شود و کاغذ pH به رنگ آبی درمی‌آید.

عبارت دوم: نادرست. آند سلول Si است که اکسایش یافته و به SiO_2 تبدیل می‌شود.

عبارت سوم: درست. در اطراف آند، به دلیل انجام نیمواکنش اکسایش غلظت H^+ افزایش یافته و pH کاهش می‌یابد.

عبارت چهارم: درست. نیمواکنش کاهش در سلول برقکافت آب به همین شکل است.

عبارت پنجم: نادرست. با دو برابر کردن نیمواکنش کاهش و جمع کردن با نیمواکنش اکسایش، واکنش کلی سلول به شکل زیر به دست می‌آید.



$$[\text{HX}] = \frac{18 \text{ g}}{2 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ mol}}{60 \text{ g}} = 0.15 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{HY}] = \frac{10 \text{ g}}{2 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ mol}}{50 \text{ g}} = 0.1 \text{ mol.L}^{-1}$$

بررسی عبارت‌ها:

عبارت اول: درست. چون pH دو محلول برابر است، غلظت یون هیدرونیوم و غلظت آنیون حاصل از یونش در آن‌ها برابر خواهد بود.

عبارت دوم: درست. با وجود اینکه غلظت یون‌ها در دو محلول برابر است، اما غلظت مولکول‌های اسید یونیده نشده در آن‌ها برابر نیست.

عبارت سوم: نادرست. K_a اسید HY بزرگ‌تر است، زیرا اسید HY با وجود غلظت اولیه کمتر، به اندازه HX یون هیدرونیوم تولید کرده است.

عبارت چهارم: نادرست. غلظت یون هیدرونیوم در دو محلول برابر است.

$$\frac{\alpha(\text{HY})}{\alpha(\text{HX})} = \frac{\frac{[\text{H}^+]}{0.1}}{\frac{[\text{H}^+]}{0.15}} = 1/5$$

عبارت پنجم: نادرست.

$$\frac{\alpha(\text{HX})}{\alpha(\text{HY})} = \frac{\frac{[\text{H}^+]}{0.15}}{\frac{[\text{H}^+]}{0.1}} = 0.67$$

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

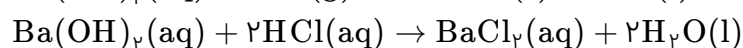
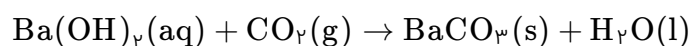
$$[\text{H}^+] = M \cdot \alpha \Rightarrow 4 \times 10^{-2} = M \times 0/2 \Rightarrow M = \frac{0/04}{0/2} = 0/2 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{تعداد مول اسید در } 200 \text{ میلی لیتر} = \frac{0/2 \text{ mol}}{\text{L}} \times 0/2 \text{ L} = 0/04 \text{ mol}$$

$$? \text{ g NaHCO}_3 \text{ خالص} = 0/04 \text{ mol HA} \times \frac{1 \text{ mol NaHCO}_3}{1 \text{ mol HA}} \times \frac{84 \text{ g NaHCO}_3}{1 \text{ mol NaHCO}_3} = 3/36 \text{ g NaHCO}_3 \text{ خالص}$$

$$\text{درصد خلوص} = \frac{\text{مقدار خالص}}{\text{مقدار ناخالص}} \times 100 \Rightarrow 80 = \frac{3/36}{\text{مقدار ناخالص}} \times 100 \Rightarrow \text{مقدار ناخالص} = 4/2 \text{ g}$$

معادله موازنه شده واکنش ها:



$$\text{Ba(OH)}_2 \text{ تعداد مول} = \frac{0/005 \text{ mol}}{1 \text{ L}} \times 0/05 \text{ L} = 2/5 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

HCl مصرف شده در واکنش با Ba(OH)₂

$$= 23/6 \text{ mL HCl} \times \frac{1 \text{ L HCl}}{1000 \text{ mL HCl}} \times \frac{0/01 \text{ mol HCl}}{1 \text{ L HCl}} \times \frac{1 \text{ mol Ba(OH)}_2}{2 \text{ mol HCl}} = 1/18 \times 10^{-4} \text{ mol Ba(OH)}_2$$

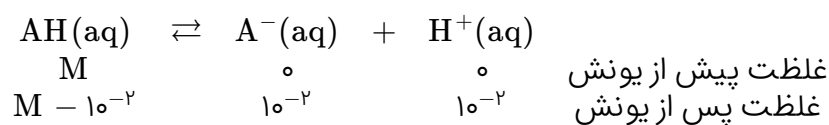
$$\text{CO}_2 \text{ مصرف شده در واکنش با Ba(OH)}_2 = 2/5 \times 10^{-4} - 1/18 \times 10^{-4} = 1/32 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

$$\text{CO}_2 \text{ جرم} = 1/32 \times 10^{-4} \text{ mol Ba(OH)}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol Ba(OH)}_2} \times \frac{44 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{1000 \text{ mg CO}_2}{1 \text{ g CO}_2} = 5/808 \text{ mg}$$

$$\text{CO}_2 \text{ غلظت} = \frac{5/808 \text{ mg}}{2 \text{ L}} = 2/904 \text{ mg.L}^{-1}$$

$$\text{pH} = 2 \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-2} \Rightarrow [\text{A}^-] = 10^{-2}$$

غلظت اولیه اسید را M در نظر می‌گیریم.



$$K = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{AH}]} \Rightarrow 10^{-2} = \frac{10^{-2} \times 10^{-2}}{M - 10^{-2}} \Rightarrow 10^{-2}M - 10^{-4} = 10^{-4}$$

$$\Rightarrow M = \frac{2 \times 10^{-4}}{10^{-2}} = 2 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{تعداد مول اسید} = M.V = \frac{2 \times 10^{-2} \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} \times 0.1 \text{ L} = 2 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\text{جرم یک مول اسید} = 1 \text{ mol AH} \times \frac{0.258 \text{ g AH}}{2 \times 10^{-3} \text{ mol AH}} = 129 \text{ g}$$

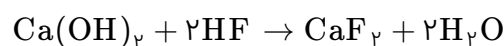
جرم مولی اسید 129 g.mol^{-1} است.

پاسخ بخش اول مسئله:

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

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

پاسخ بخش دوم مسئله:

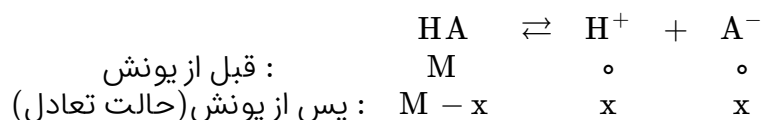


$$\begin{aligned} ? \text{ mg CaF}_2 &= 200 \text{ mL HF(aq)} \times \frac{1 \text{ L}}{10^3 \text{ mL}} \times \frac{0.1 \text{ mol HF}}{1 \text{ L HF(aq)}} \times \frac{1 \text{ mol CaF}_2}{2 \text{ mol HF}} \\ &\times \frac{78 \text{ g CaF}_2}{1 \text{ mol CaF}_2} \times \frac{10^3 \text{ mg}}{1 \text{ g}} = 780 \text{ mg} \end{aligned}$$

اگر ثابت یونش اسید را در دمای 25°C با K_a و در دمای 45°C با $K_{a'}$ نمایش دهیم، طبق فرض سؤال خواهیم داشت:

$$K_{a'} = K_a + \frac{1}{6}K_a \Rightarrow 2 \times 10^{-4} = \frac{5}{6}K_a \Rightarrow K_a = 1/6 \times 10^{-4}$$

(دقت داشته باشید وقتی به ازای هر 10°C درجه افزایش دما، ثابت یونش $12/5$ درصد افزایش یابد، بنابراین به ازای 20°C درجه افزایش دما، ثابت یونش، 25 درصد افزایش خواهد یافت)



طبق داده‌های مسئله، غلظت HA پس از یونش (غلظت تعادلی)، برابر با 6 mol.L^{-1} است؛ بنابراین:

$$m - x = 6$$

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \Rightarrow 1/6 \times 10^{-4} = \frac{x \times x}{6} \Rightarrow x^2 = 9/6 \times 10^{-4}$$

$$\Rightarrow x = [\text{H}^+] = 3/09 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{H}^+] \times [\text{OH}^-] = 10^{-14} \Rightarrow [\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{3/09 \times 10^{-2}} = 32/36 \times 10^{-12}$$

اکنون با دراختیار داشتن غلظت $[\text{H}^+]$ و $[\text{OH}^-]$ نسبت غلظت یون هیدروکسید به یون هیدرونیوم را به دست می‌آوریم:

$$\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{H}^+]} = \frac{32/36 \times 10^{-12}}{3/09 \times 10^{-2}} \simeq 1/1 \times 10^{-11}$$

پاسخ بخش دوم مسئله:

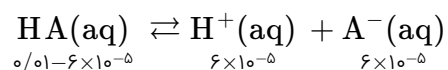
با افزایش دما، ثابت یونش اسید افزایش یافته است؛ بنابراین غلظت یون هیدرونیوم در دمای 30°C درجه نسبت به دمای 20°C درجه بیشتر است. از طرف دیگر می‌دانیم با افزایش غلظت $[\text{H}^+]$ ، غلظت $[\text{OH}^-]$ کاهش می‌یابد، بنابراین:

$$\underbrace{\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{H}^+]}}_{\text{در دمای } 30^{\circ}\text{C}} < \underbrace{\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{H}^+]}}_{\text{در دمای } 20^{\circ}\text{C}}$$

$$\text{غلظت اسید} = \frac{0.2 \text{ g}}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ mol}}{20 \text{ g}} = 0.01 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{pH} = 4.22 \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-4.22} = 10^{-4} \times 10^{-0.22}$$

$$= 10^{-4} \times \frac{1}{10^{0.22}} = 0.6 \times 10^{-4} = 6 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$$



$$K = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = \frac{(6 \times 10^{-5})^2}{0.01 - 6 \times 10^{-5}} \simeq \frac{3.6 \times 10^{-9}}{0.01} = 3.6 \times 10^{-7}$$

$$\text{درصد یونش} = \frac{\text{مقدار اسید یونیده شده}}{\text{مقدار کل اسید حل شده}} \times 100$$

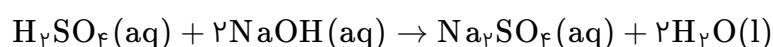
$$\Rightarrow \frac{6 \times 10^{-5}}{0.01} \times 100 = 0.6\%$$

بررسی عبارت‌ها:

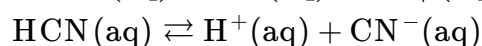
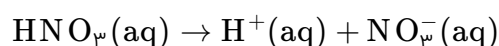
الف) نادرست. NH_3 باز آرنیوس است اما در ساختار خود یون هیدروکسید ندارد.

ب) درست. اسید و باز آرنیوس محدود به محیط آبی هستند.

پ) نادرست. ۵/۵ مول سولفوریک اسید با ۱ مول سدیم هیدروکسید خنثی می‌شود.



ت) درست. HNO_3 (نیتریک اسید) یک اسید قوی است و به طور کامل در آب یونیده می‌شود، اما HCN (هیدروسیانیک اسید) یک اسید ضعیف است و یونش آن به صورت تعادلی است.



ابتدا جرم آب تولیدشده را حساب می‌کنیم.

$$M_1 V_1 = M_2 V_2 \Rightarrow M_1 \times 4/8 = 50/25 M_2 \times V_2 \Rightarrow V_2 = \frac{4/8}{50/25} = 19/2 \text{ mL}$$

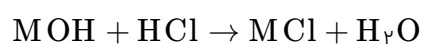
$$\text{MOH} \text{ حجم آب تولیدشده از واکنش اسید چرب با } = 19/2 - 4/8 = 14/4 \text{ mL} = 14/4 \text{ g}$$

$$\text{MOH مقدار خالص} = 75 \text{ g} \times \frac{67}{100} = 50/25 \text{ g}$$

$$\text{مقدار مصرف شده MOH خالص} = 14/4 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18 \text{ g H}_2\text{O}} \times \frac{1 \text{ mol MOH}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} \times \frac{40 \text{ g MOH}}{1 \text{ mol MOH}} = 32 \text{ g MOH}$$

$$\text{درصد MOH خالص مصرف شده} = \frac{32 \text{ g}}{50/25} \times 100 \simeq \%64$$

$$\text{MOH باقی مانده} = 50/25 - 32 = 18/25 \text{ g}$$



$$? \text{ g HCl} = 18/25 \text{ g MOH} \times \frac{1 \text{ mol MOH}}{40 \text{ g MOH}} \times \frac{1 \text{ mol HCl}}{1 \text{ mol MOH}} \times \frac{36/5 \text{ g HCl}}{1 \text{ mol HCl}} \simeq 16/65 \text{ g}$$

$$\text{غلظت HCl} = \frac{16/65 \text{ g}}{5/5 \text{ L}} \simeq 33 \text{ g.L}^{-1}$$

پاسخ بخش اول مسئله:

ابتدا جرم یون سدیم موجود در ۴/۸ میلی‌لیتر محلول ۵۰ درصد جرمی NaOH را به دست می‌آوریم:

$$\begin{aligned} & 4/8 \text{ mL NaOH(aq)} \times \frac{1/5 \text{ g NaOH(aq)}}{1 \text{ mL NaOH(aq)}} \times \frac{50 \text{ g NaOH}}{100 \text{ g NaOH(aq)}} \\ & \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{40 \text{ g NaOH}} \times \frac{1 \text{ mol Na}^+}{1 \text{ mol NaOH}} \times \frac{23 \text{ g Na}^+}{1 \text{ mol Na}^+} = 2/07 \text{ g Na}^+ \end{aligned}$$

سپس جرم محلول رقیق‌شده را حساب می‌کنیم: (طبق فرض سؤال، هر میلی‌لیتر محلول رقیق‌شده NaOH، ۱/۵ گرم جرم دارد)

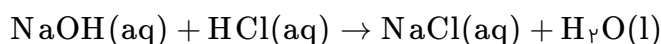
$$750 \text{ mL NaOH(aq)} \times \frac{1 \text{ g NaOH(aq)}}{1 \text{ mL NaOH(aq)}} = 750 \text{ g NaOH(aq)}$$

اکنون با استفاده از فرمول ppm، غلظت یون $\text{Na}^+(\text{aq})$ را برحسب ppm به دست می‌آوریم:

$$\text{ppm}(\text{Na}^+) = \frac{\text{جرم}(\text{g})}{\text{جرم محلول}(\text{g})} \times 10^6 \Rightarrow \text{ppm}(\text{Na}^+) = \frac{2/07}{750} \times 10^6 = 2760$$

پاسخ بخش دوم مسئله:

در محلول رقیق‌شده سدیم هیدروکسید، مقدار یون سدیم (حل‌شونده) با محلول غلیظ اولیه برابر است. اکنون باید حساب کنیم برای خنثی کردن محلول سدیم هیدروکسید شامل ۲/۰۷ گرم یون سدیم، چند گرم HCl خالص مصرف می‌شود:

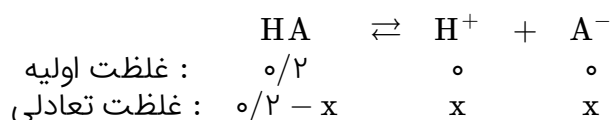


$$\begin{aligned} & 2/07 \text{ g Na}^+ \times \frac{1 \text{ mol Na}^+}{23 \text{ g Na}^+} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ mol Na}^+} \times \frac{1 \text{ mol HCl}}{1 \text{ mol NaOH}} \\ & \times \frac{36/5 \text{ g HCl}}{1 \text{ mol HCl}} = 3/285 \text{ g HCl} \end{aligned}$$

درنهایت با در اختیار داشتن جرم HCl ناخالص و HCl خالص مصرف‌شده، درصد خلوص اسید را به دست می‌آوریم:

$$\text{درصد خلوص} = \frac{\text{جرم ماده خالص}}{\text{جرم ماده ناخالص}} \times 100 \Rightarrow \text{درصد خلوص} = \frac{3/285}{7/3} \times 100 = 45\%$$

پاسخ بخش اول مسئله:



$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \Rightarrow 0.1 = \frac{x \times x}{0.2 - x} \Rightarrow x^2 + 0.1x - 0.2 = 0$$

$$\Rightarrow (x + 0.2)(x - 0.1) = 0 \quad \begin{cases} x + 0.2 = 0 \Rightarrow x = -0.2 \\ x - 0.1 = 0 \Rightarrow x = 0.1 \end{cases} \quad \text{غیر قابل قبول}$$

$$[\text{H}^+] = x = 0.1 \Rightarrow \text{pH} = -\log 10^{-1} = 1$$

پاسخ بخش دوم مسئله:

$$\text{pH HNO}_3 = \text{pH HA} = 1 \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-1}$$

$$[\text{H}^+] = M \alpha \xrightarrow{\alpha_{\text{HNO}_3}=1} 10^{-1} = M \times 1 \Rightarrow M = 0.1 \text{ mol.L}^{-1}$$

اکنون غلظت مول بر لیتر را با کمک جرم مولی اسید، به گرم بر لیتر تبدیل می‌کنیم:

$$0.1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times \frac{63 \text{ g HNO}_3}{1 \text{ mol HNO}_3} = 6.3 \text{ g.L}^{-1}$$

عبارت‌های دوم و سوم درست‌اند.

بررسی عبارت‌ها:

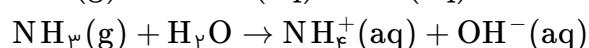
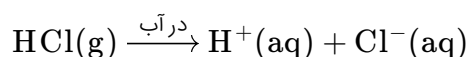
عبارت اول: نادرست. جامدهای یونی اکسیژن‌دار، همان اکسیدهای فلزی هستند که به صورت محلول در آب، خاصیت بازی داشته و باز آرنیوس محسوب می‌شوند (نه اسید آرنیوس!).

نکته: در بین اکسیدهای فلزی، تنها اکسید فلزهای قلیایی و قلیایی خاکی (به جز Be)، باز آرنیوس هستند و سایر اکسیدهای فلزی (مانند Ag_2O , CuO , Fe_2O_3 و ...) نمی‌توانند باز آرنیوس باشند؛ زیرا اکسید این فلزات در آب نامحلول‌اند.

عبارت دوم: درست. الکترولیت‌های قوی موادی هستند که به هنگام انحلال به طور کامل تفکیک می‌شوند. برخی از مواد مانند کلسیم هیدروکسید، اگرچه حلالیت بالایی در آب ندارند، اما همان مقدار به طور کامل به یون‌های مثبت و منفی تفکیک می‌شود.

عبارت سوم: درست. برخی از ترکیب‌ها که ساختار مولکولی دارند؛ می‌توانند ضمن حل شدن در آب یونیده شده و محلول الکترولیت (رسانای جریان برق) تولید می‌کنند.

گاز آمونیاک و گاز هیدروژن کلرید نمونه‌ای از این ترکیب‌ها هستند.



عبارت چهارم: نادرست. فرآیند یونش یک اسید ضعیف تا جایی پیش می‌رود که به حالت تعادل برسد. در حالت تعادل، غلظت یون‌های حاصل از یونش اسید به مراتب از غلظت اسید یونیده نشده (مولکول‌های اسید) کمتر است.

پاسخ بخش اول مسئله:

$$[H^+] = \frac{2/5 \times 10^{-10} \text{ mol}}{\frac{1}{4} \text{ L}} = 10^{-9} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[H^+][OH^-] = 10^{-14} \Rightarrow 10^{-9} \times [OH^-] = 10^{-14} \Rightarrow [OH^-] = 10^{-5}$$

$$[OH^-] = M \cdot n \cdot \alpha \xrightarrow{\alpha_{MOH}=1} 10^{-5} = M \times 1 \times 1 \Rightarrow M = 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$$

ظرفیت باز (تعداد گروه OH)

پاسخ بخش دوم مسئله:

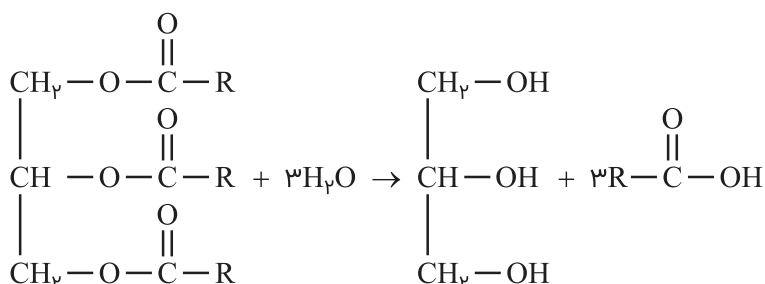
$$[OH^-]_{Ba(OH)_2} = [OH^-]_{MOH} = 10^{-5}$$

$$[OH^-] = M \cdot n \cdot \alpha \xrightarrow{\alpha=1, n=2} 10^{-5} = M \times 2 \times 1 \Rightarrow M = 5 \times 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$$

ظرفیت باز (تعداد گروه OH)

نکته: باریم هیدروکسید ($Ba(OH)_2$) یک باز قوی دوظرفیتی است.

از آبکافت استر موردنظر می‌توان به الکل و اسید چرب سازنده دست یافت.



با استفاده از شمار اتم‌های کربن، هیدروژن و اکسیژن در مولکول‌های روغن زیتون، آب و الکل سه عاملی تولیدشده (گلیسرین)، می‌توان فرمول مولکولی اسید چرب را مشخص کرد.

$$\text{شمار اتم کربن در اسید چرب} = \frac{57 - 3}{3} = 18$$

$$\text{شمار اتم هیدروژن در اسید چرب} = \frac{(104 + 6) - 18}{3} = 34$$

$$\text{شمار اتم‌های اکسیژن در اسید چرب} = \frac{(6 + 3) - 3}{3} = 2$$

فرمول اسید چرب سازنده روغن زیتون $C_{18}H_{34}O_2$ یا $C_{17}H_{33}COOH$ است.

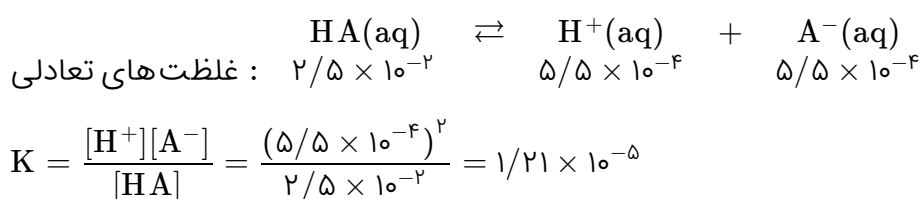
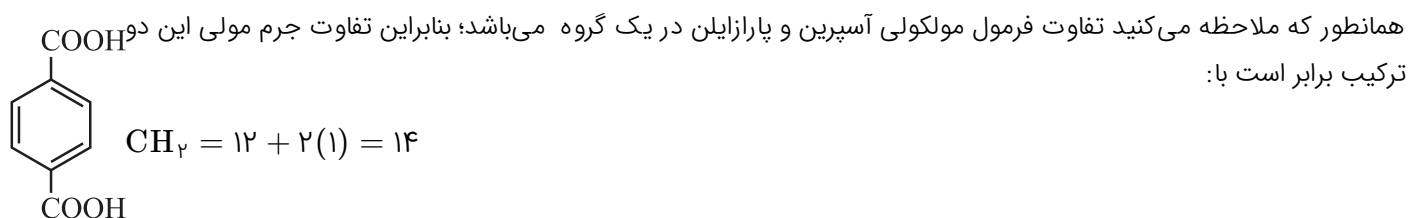
به دلیل اینکه جوش شیرین (سدیم هیدروژن کربنات) خاصیت بازی دارد، با افزایش خاصیت بازی شوینده‌ها می‌تواند قدرت پاک‌کنندگی چربی را افزایش دهد. در ضمن کلسیم هیدروکسید هم خاصیت بازی دارد اما وجود کاتیون کلسیم در این ترکیب باعث رسوب صابون و کاهش خاصیت پاک‌کنندگی آن می‌شود.

فرمول مولکولی آسپرین به صورت است؛ بنابراین تعداد پیوندهای اشتراکی (جفت‌الکترون پیوندی) در ساختار مولکول این ماده برابر است با:

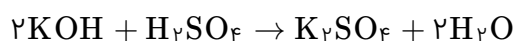
$$= \frac{(\text{تعداد اکسیژن} \times ۲) + (\text{تعداد هیدروژن} \times ۱) + (\text{تعداد کربن} \times ۴)}{۲}$$

$$= \frac{(۹ \times ۴) + (۸ \times ۱) + (۴ \times ۲)}{۲} = ۲۶$$

مولکول پارازایلین دارای فرمول ساختاری زیر و فرمول مولکولی است.



ابتدا غلظت محلول پتاسیم هیدروکسید را محاسبه می‌کنیم:



$$pH = ۱۳ \rightarrow pOH = ۱ \rightarrow [OH^-] = ۱۰^{-۱} \xrightarrow{[OH^-]=M.n.\alpha} ۰/۱ = M \times ۱ \times ۱ \Rightarrow M = ۰/۱ \text{ mol.L}^{-۱}$$

$$? \text{ mL KOH} = ۲۵ \text{ mL } H_2SO_4 \times \frac{۱ \text{ L } H_2SO_4}{۱۰^۳ \text{ mL } H_2SO_4} \times \frac{۰/۴ \text{ mol } H_2SO_4}{۱ \text{ L } H_2SO_4} \times \frac{۲ \text{ mol KOH}}{۱ \text{ mol } H_2SO_4}$$

$$\times \frac{۱ \text{ L KOH}}{۰/۱ \text{ mol KOH}} \times \frac{۱۰^۳ \text{ mL KOH}}{۱ \text{ L KOH}} = ۲۰۰ \text{ mL KOH}$$

$$\text{HA اسید ضعیف} : M_1.n_1.\alpha_1 = 10^{-pH_1} \Rightarrow b \times 1 \times \frac{V/2}{100} = 10^{-a} \Rightarrow b = \frac{10^{2-a}}{V/2}$$

$$\text{HB اسید ضعیف} : M_2.n_2.\alpha_2 = 10^{-pH_2} \Rightarrow X \times 1 \times \frac{1/\lambda}{100} = 10^{-a-1} \Rightarrow X = \frac{10^{1-a}}{1/\lambda}$$

$$\frac{X}{b} = \frac{\frac{10^{1-a}}{1/\lambda}}{\frac{10^{2-a}}{V/2}} = \frac{10^{1-a}}{10^{2-a}} \times \frac{V/2}{1/\lambda} = \frac{10^{-1}}{1/\lambda} = \frac{\lambda}{10}$$

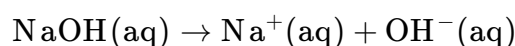
$$? \text{ mol NaOH} = 80 \text{ mg NaOH} \times \frac{1 \text{ g NaOH}}{1000 \text{ mg NaOH}} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{40 \text{ g NaOH}} = 0.002 \text{ mol NaOH}$$

$$[\text{NaOH}] = \frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{0.002 \text{ mol}}{0.2 \text{ L}} = 0.01 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{pOH}(\text{NaOH}) = -\log(M.n.a) = -\log(0.01 \times 1 \times 1) = -\log 10^{-2} = 2$$

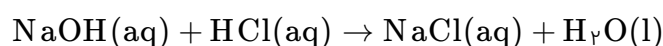
$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 2 = 12$$

باتوجه به معادله تفکیک NaOH در آب، غلظت OH^- نیز 10^{-2} مولار است؛ زیرا نسبت استوکیومتری NaOH به OH^- برابر ۱ به ۱ است.



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

$$\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{H}^+]} = \frac{10^{-2}}{10^{-12}} = 10^{10} \text{ برابر}$$



$$10 \text{ mL NaOH} \times \frac{0.01 \text{ mol NaOH}}{1000 \text{ mL NaOH}} \times \frac{1 \text{ mol HCl}}{1 \text{ mol NaOH}} \times \frac{1000 \text{ mL HCl}}{0.002 \text{ mol HCl}} = 50 \text{ mL HCl(aq)}$$

برای محاسبه مقدار اسیدی که با این مقدار NaOH خنثی می‌شود می‌توان از این رابطه نیز استفاده کرد:

$$n_a M_a V_a = n_b M_b V_b \quad \begin{cases} n: \text{تعداد عامل اسید یا باز} \\ M: \text{غلظت مولار اسید یا باز} \\ V: \text{حجم اسید یا باز} \end{cases}$$

در رابطه فوق، به‌خاطر داشته باشید که کافی است حجم‌ها برحسب یک واحد باشند و لزومی ندارد حتماً برحسب لیتر بیان شوند. (به‌عنوان مثال در این سؤال حجم را برحسب میلی‌لیتر جاگذاری می‌کنیم)
HCl و NaOH اسید و باز یک عاملی هستند، پس:

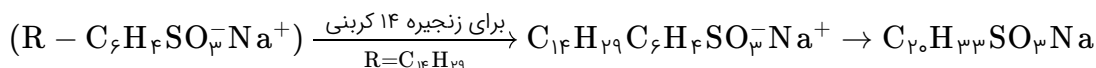
$$n_a = n_b = 1 \Rightarrow 1 \times M_a \times V_a = 1 \times M_b \times V_b \Rightarrow 0.002 \times V_a = 0.01 \times 10 \Rightarrow V_a = \frac{0.01 \times 10}{0.002} = 50 \text{ mL}$$

$$\begin{cases} \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{OH}^-]} = 4 \times 10^8 \\ [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14} \end{cases} \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{10^{-14}}{4 \times 10^8} \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+]^2 = 4 \times 10^{-6} \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 2 \times 10^{-3}$$

$$\text{pH} = -\log 2 \times 10^{-3} \Rightarrow \text{pH} = 2.7$$



فرمول ساختاری پاک کننده غیرصابونی به صورت روبه روست:



در پاک کننده های غیرصابونی گروه سولفونات (SO_3^-) موجود است نه سولفات (SO_4^{2-}) (رد گزینه های ۲ و ۴)

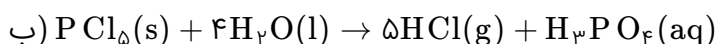
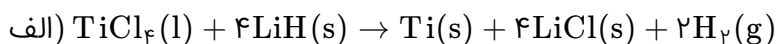
گزینه ۱: صابون جامد، نمک سدیم اسیدهای چرب است و صابون مایع نمک پتاسیم یا آمونیوم اسیدهای چرب است.

گزینه ۲: سولفونات SO_3^- است نه SO_3^{2-} .

گزینه ۳: در کلویید پایدارشده روغن در آب توسط صابون، سر قطبی مولکول های صابون به سمت بیرون قطره روغن است نه درون آن (به عبارت دیگر سر قطبی صابون در آب حل می شود نه در قطره روغن!).

گزینه ۴: زنجیر آلکیل (یا زنجیر هیدروکربنی)، بخش ناقطبی مولکول پاک کننده را تشکیل می دهد نه بخش قطبی آن را.

معادله موازنه شده واکنش ها:

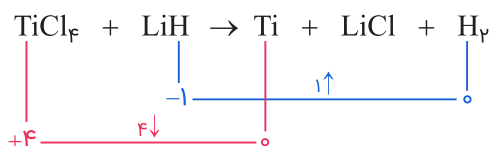


مجموع ضریب های استوکیومتری مواد در معادله (الف) برابر ۱۲ و در معادله (ب) برابر ۱۱ است.

بررسی سایر گزینه ها:

گزینه ۱: با انجام واکنش (ب) در آب، به دلیل تولید اسید (HCl و H_3PO_4) pH کاهش می یابد.

گزینه ۲: در واکنش (الف) عدد اکسایش تیتانیوم و هیدروژن تغییر می کند، اما واکنش (ب) با تغییر عدد اکسایش عناصر همراه نیست.



گزینه ۳: ضریب استوکیومتری گاز H_2 در واکنش (الف) با ضریب استوکیومتری گاز HCl در واکنش (ب) برابر نیست.

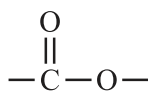
به علت کوچک بودن بخش ناقطبی (چربی دوست)، جاذبه آن با لکه چربی بسیار کم است و نمی تواند ذره های چربی را از روی لباس جدا کرده و در آب پخش کند.

عبارت‌های اول و سوم درست هستند.

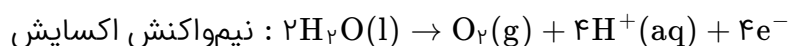
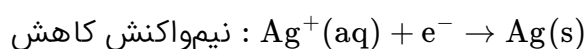
بررسی موارد:

- مولکول‌ها در هر سه مورد قطبی هستند. (مولکول‌های دو اتمی ناجور هسته قطبی هستند) (درست)
- pH محلول یک مولار HCl و HBr که اسیدهای قوی هستند و به طور کامل در آب یونش می‌یابند برابر صفر است، اما pH محلول یک مولار HF که اسید ضعیفی است و در آب به طور کامل یونیده نمی‌شود بزرگ‌تر از صفر است. (نادرست)
- HF توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی را داشته و به همین دلیل نقطه جوش بالاتری از دو ترکیب دیگر دارد. (درست)
- مولکول‌های HCl و HBr قادر به تشکیل پیوند هیدروژنی نیستند. (نادرست)

شکل نشان داده شده مربوط به یک استر بلند زنجیر با جرم مولی زیاد است. در این نوع استرها که بخشی از چربی‌ها را شامل می‌شوند بخش ناقطبی بر بخش قطبی غلبه داشته و به همین دلیل در آب نامحلول و در بنزین محلول هستند. تنها، موردی که ترکیب را اسید چرب سه ظرفیتی نامیده، نادرست است؛ زیرا اسیدهای چرب دارای گروه کربوکسیل (COOH) هستند ولی این ترکیب دارای سه عامل استری به صورت زیر است.



نیمواکنش‌ها را موازنه می‌کنیم:



در نیمواکنش اکسایش $\text{H}^+(\text{aq})$ تولید می‌شود.

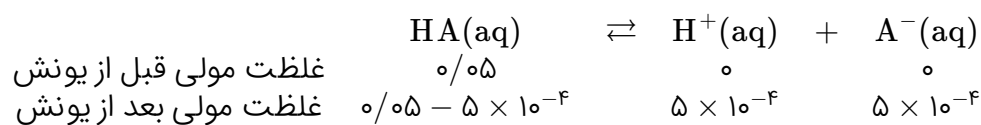
$$? \text{ mol H}^+ = 0.3 \text{ mol e}^- \times \frac{4 \text{ mol H}^+}{4 \text{ mol e}^-} = 0.3 \text{ mol H}^+$$

$$[\text{H}^+] = \frac{0.3 \text{ mol}}{3 \text{ L}} = 0.1 \text{ mol.L}^{-1}$$

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

با استفاده از نیمواکنش کاهش، جرم نقره تولیدشده را حساب می‌کنیم:

$$? \text{ g Ag} = 0.3 \text{ mol e}^- \times \frac{1 \text{ mol Ag}}{1 \text{ mol e}^-} \times \frac{108 \text{ g Ag}}{1 \text{ mol Ag}} = 32.4 \text{ g Ag}$$



$$\text{غلظت های تعادلی} \begin{cases} [\text{H}^+] = [\text{A}^-] = 5 \times 10^{-۴} \text{ mol.L}^{-۱} \\ [\text{HA}] = 0.05 - 5 \times 10^{-۴} \simeq 0.05 \text{ mol.L}^{-۱} \end{cases}$$

$$K = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = \frac{(5 \times 10^{-۴})^۲}{0.05} = 5 \times 10^{-۶}$$

$$\text{pH} = 10.7 \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-10.7} = 10^{0.3-11} = 10^{0.3} \times 10^{-11} \Rightarrow [\text{H}^+] = 2 \times 10^{-11}$$

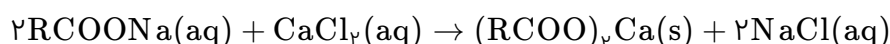
$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-۱۴} \Rightarrow [\text{OH}^-] = \frac{10^{-۱۴}}{2 \times 10^{-11}} \Rightarrow [\text{OH}^-] = 5 \times 10^{-۴} \text{ mol.L}^{-۱}$$

$$\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{H}^+]} = \frac{5 \times 10^{-۴}}{2 \times 10^{-11}} = 2.5 \times 10^7$$

$$[\text{H}^+] = M.\alpha \Rightarrow ۴ \times 10^{-۳} = 0.1 \times \alpha \Rightarrow \alpha = ۴ \times 10^{-۲} \Rightarrow \alpha = 0.0۴$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log ۴ \times 10^{-۳} = -[\log ۴ + \log 10^{-۳}] \Rightarrow \text{pH} = -(0.6 - ۳) = 2.4$$

معادله موازنه شده واکنش به صورت زیر است:



ابتدا با استفاده از رابطه ppm، گرم یون کلسیم موجود در آب را حساب می‌کنیم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم یون } \text{Ca}^{2+}}{\text{جرم محلول} \simeq \text{جرم آب}} \times 10^6 \Rightarrow 2000 = \frac{\text{جرم } \text{Ca}^{2+}}{200} \times 10^6 \Rightarrow \text{جرم } \text{Ca}^{2+} = 0.4 \text{ g}$$

اکنون باید حساب کنیم ۰/۴ گرم یون کلسیم با چند گرم صابون واکنش داده و رسوب تولید می‌کند.
روش اول: کسر تبدیل

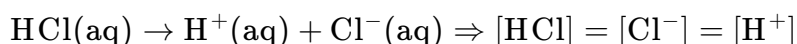
$$? \text{ g (صابون)} = 0.4 \text{ g } \text{Ca}^{2+} \times \frac{1 \text{ mol } \text{Ca}^{2+}}{40 \text{ g } \text{Ca}^{2+}} \times \frac{1 \text{ mol } \text{CaCl}_2}{1 \text{ mol } \text{Ca}^{2+}} \times \frac{2 \text{ mol (صابون)}}{1 \text{ mol } \text{CaCl}_2} \times \frac{236 \text{ g}}{1 \text{ mol (صابون)}} = 4.72 \text{ g (صابون)}$$

در صورت مسئله، مقدار صابون اضافه شده به آب سخت، ۴/۷۲ گرم ذکر شده است که طبق محاسبات انجام شده تمام این مقدار صابون وارد واکنش با یون کلسیم شده و به صورت رسوب درمی‌آید بنابراین ۱۰۰ درصد صابون در واکنش با یون کلسیم، رسوب می‌کند.
روش دوم: کسر تبدیل

$$\frac{\text{g } \text{Ca}^{2+}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{صابون g}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{0.4 \text{ g}}{1 \times 40} = \frac{x \text{ g (صابون)}}{2 \times 236} \Rightarrow x = 4.72 \text{ g (صابون)}$$

به این ترتیب طبق محاسبه انجام شده، تمام صابون موجود در آب سخت با یون کلسیم وارد واکنش شده و به صورت رسوب درمی‌آید.

ابتدا غلظت مولی دو محلول غلیظ و رقیق هیدروکلریک اسید را حساب می‌کنیم. توجه داشته باشید که هیدروکلریک اسید، یک اسید قوی تک پروتون دار است که به دلیل یونش کامل، غلظت یون‌های H^+ و Cl^- آن با غلظت اولیه اسید برابر است.



$$M_{\text{HCl}_{\text{غلظ}}} = \frac{\text{load}}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{10 \times 36/5 \times 1/2}{36/5} = 12 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$M_{\text{HCl}_{\text{رقیق}}} = \frac{\text{load}}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{10 \times 0.01095 \times 1}{36/5} = 0.003 \text{ mol.L}^{-1}$$

(*) محلولی با غلظت ppm ۱۰۹/۵ معادل ۰/۰۱۰۹۵ درصد جرمی است.
سپس با استفاده از رابطه زیر، غلظت محلول غلیظ اولیه را به دست می‌آوریم:

$$M_{\text{غلظ}} V_{\text{غلظ}} = M_{\text{رقیق}} V_{\text{رقیق}} \Rightarrow 12 \times V_{\text{غلظ}} = 0.003 \times 10$$

$$V_{\text{غلظ}} = 0.0025 \text{ L} \simeq 2.5 \text{ mL}$$

$$\text{pH} = 3/7 \Rightarrow [\text{اسید}] = [\text{H}^+] = 10^{-3/7} = 10^{0/3-4} = 10^{0/3} \times 10^{-4} = 2 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

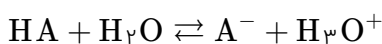
$$\text{pH} = 1/4 \Rightarrow [\text{اسید}] = [\text{H}^+] = 10^{-1/4} = 10^{-0/4-1} = 10^{-0/4} \times 10^{-1} = 0/4 \times 10^{-1} = 4 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\frac{\text{غلظت مولار اسید در حال فعالیت}}{\text{غلظت مولار اسید در حال استراحت}} = \frac{4 \times 10^{-2}}{2 \times 10^{-4}} = 200$$

ابتدا غلظت H_3O^+ موجود در محلول هیدروکلریک اسید را به دست می آوریم:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-1} = 0/1 \text{ mol.L}^{-1}$$

از آنجا که K_a اسید HA عدد کوچکی است، غلظت H_3O^+ ناشی از یونش این اسید در مقابل غلظت H_3O^+ ناشی از یونش هیدروکلریک اسید (که یک اسید قوی است) قابل صرف نظر کردن است بنابراین می توانیم غلظت H_3O^+ موجود در محلول را با غلظت H_3O^+ تولید شده بر اثر یونش HCl ، برابر در نظر بگیریم



$$K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]} \Rightarrow 2 \times 10^{-5} = \frac{[\text{A}^-] \times (0/1)}{(1)} \Rightarrow [\text{A}^-] = 2 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

توجه: همان طور که ملاحظه می کنید غلظت تعادلی HA را با غلظت اولیه آن برابر در نظر گرفته ایم، زیرا HA اسید ضعیف است، بنابراین فقط یک مقدار جزئی از آن دچار یونش می شود که در هنگام محاسبه، از آن صرف نظر می کنیم.

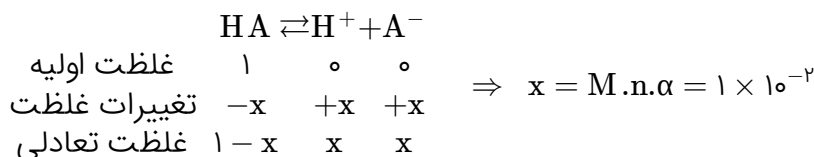
$$[\text{HA}]_{\text{تعادلی}} \simeq [\text{HA}]_{\text{اولیه}} = 1 \text{ mol.L}^{-1}$$

غلظت H^+ در محلول اسید ضعیف برابر است با $M\alpha$ در نتیجه خواهیم داشت:

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

ثابت یونش اسید (K_a) نیز برابر است با:

$$K_a = \frac{M\alpha^2}{1-\alpha} = \frac{10^{-2} \times (10^{-1})^2}{1-10^{-1}} = \frac{10^{-4}}{9 \times 10^{-1}} = 1/11 \times 10^{-4}$$



از آنجایی که اسید ضعیف است می توان از مقدار بسیار جزئی یونیده شدن اسید در برابر مقدار کل اسید صرف نظر کنیم یعنی: $1-x \simeq 1$

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = \frac{10^{-2} \times 10^{-2}}{1} = 10^{-4} \Rightarrow \text{p}K_a = -\log K_a = -\log 10^{-4} = 4$$

$$M_{\text{HCl}} = 0.01$$

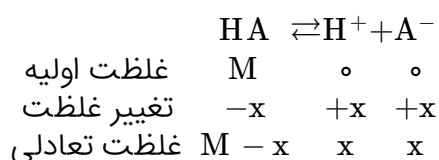
$$[\text{H}^+]_{\text{HCl}} = M \cdot n \cdot \alpha \Rightarrow [\text{H}^+]_{\text{HCl}} = 0.01 \times 1 = 10^{-2}$$

طبق فرض سوال pH اسید HA با HCl برابر است یعنی:

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

$$\Rightarrow \text{pH}_{\text{HA}} = \text{pH}_{\text{HCl}} = 2$$

اکنون با در اختیار داشتن K_a و pH اسید ضعیف HA، مولاریته آن را محاسبه می‌کنیم:



$$\text{pH} = 2 \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-2} \Rightarrow [\text{H}^+] = [\text{A}^-] = x = 10^{-2}$$

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \Rightarrow 5 \times 10^{-5} = \frac{10^{-2}}{M - 10^{-2}} \xrightarrow{M - 10^{-2} \approx M} 5 \times 10^{-5} = \frac{10^{-2}}{M}$$

$$\Rightarrow M = 2 \text{ mol.L}^{-1}$$

در آخر، نسبت غلظت مولار HA را به HCl به دست می‌آوریم:

$$\frac{M_{\text{HA}}}{M_{\text{HCl}}} = \frac{2}{0.01} = 200$$

نکته: در اسیدها و بازهای ضعیف، اگر مقدار عددی K یا درجه یونش (α) خیلی کوچک باشد (معمولاً $\alpha \leq 0.05$ ، $K \leq 10^{-4}$)، در این شرایط می‌توانیم از میزان یونش اسید یا باز در مقابل غلظت اولیه آن صرف‌نظر کنیم (به همین دلیل در حل مسئله فوق، $(M - 10^{-2})$ به تقریب برابر M در نظر گرفته شده است).

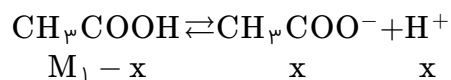
باتوجه به مقادیر K_a داده شده، هر دو اسید ضعیف هستند، اما کلرو اتانوییک اسید نسبت به اتانوییک اسید، اسید قوی‌تری است، چون K_a بزرگ‌تری دارد.

ضمناً pH هر دو محلول برابر ۳ است؛ بنابراین:

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

M_1 : غلظت مولار اتانوییک اسید

x : مقدار تفکیک شده اسید

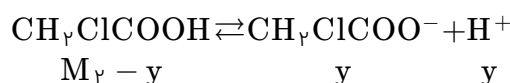


$$\begin{cases} [CH_3COO^-] = [H^+] = x = 10^{-3} \\ [CH_3COOH] = M_1 - 10^{-3} \end{cases}$$

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H^+]}{[CH_3COOH]} \Rightarrow 2 \times 10^{-5} = \frac{10^{-3} \times 10^{-3}}{M_1 - 10^{-3}} \Rightarrow M_1 = \frac{102 \times 10^{-3}}{2}$$

M_2 : غلظت مولار کلرواتانوییک اسید

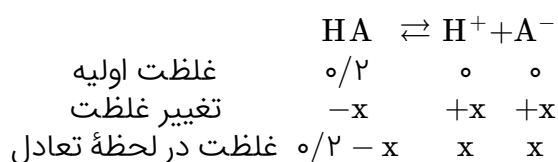
y : مقدار تفکیک شده اسید



$$\begin{cases} [CH_2ClCOO^-] = [H^+] = y = 10^{-3} \\ [CH_2ClCOOH] = M_2 - 10^{-3} \end{cases}$$

$$K_a = \frac{[CH_2ClCOO^-][H^+]}{[CH_2ClCOOH]} \Rightarrow 2 \times 10^{-3} = \frac{10^{-3} \times 10^{-3}}{M_2 - 10^{-3}} \Rightarrow M_2 = \frac{3 \times 10^{-3}}{2}$$

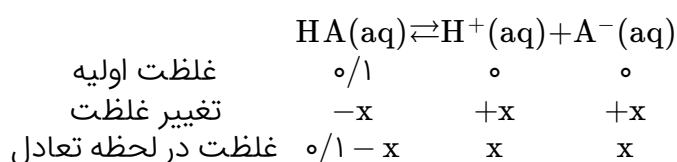
$$\frac{\text{غلظت مولار اسید قوی‌تر}}{\text{غلظت مولار اسید ضعیف‌تر}} = \frac{M_2}{M_1} = \frac{\frac{3 \times 10^{-3}}{2}}{\frac{102 \times 10^{-3}}{2}} = \frac{3}{102} \simeq 0.03$$



$$\begin{cases} pK_a = 1 \Rightarrow K_a = 10^{-1} \\ K_a = \frac{[H^+] \times [A^-]}{[HA]} \Rightarrow 10^{-1} = \frac{x^2}{0/2 - x} \Rightarrow x^2 + 0/1x - 0/02 = 0 \Rightarrow \begin{cases} x = 0/1 \\ x = -0/2 \end{cases} \end{cases}$$

$$\begin{cases} [H^+] = x = 0/1 \\ pH = -\log [H^+] \Rightarrow pH = -\log 10^{-1} = 1 \end{cases}$$

معادله یونش اسید در محلول:



باتوجه به اینکه ثابت یونش اسید، عدد کوچکی است ($K_a = 10^{-5}$)، می توانیم از مقدار بسیار جزئی یونیده شدن اسید در برابر تعداد کل اسید صرف نظر کنیم، یعنی: $0/1 - x \simeq 0/1$

$$K_a = \frac{[H^+][H^-]}{[HA]} \Rightarrow 10^{-5} = \frac{x^2}{0/1} \Rightarrow x = 10^{-3} \Rightarrow [H^+] = x = 10^{-3}$$

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

بخش آلی پاک کننده غیرصابونی به قطره چربی نفوذ می کند و قسمت آنیونی آن روی سطح قطره باقی می ماند، در نتیجه سطح قطره دارای بار منفی می گردد.

بررسی سایر گزینه ها:

گزینه ۲: یون های سدیم درون آب پخش می شوند.

گزینه ۳: این مولکول های صابون هستند که مانند پلی بین مولکول های آب و چربی قرار می گیرند.

گزینه ۴: کلوئیدها پایدار می باشند و ته نشین نمی شوند.