



گزینه ۴

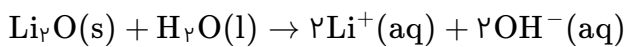
۱

ابتدا با استفاده از درجه یونش ($\alpha = 0/02$) و ثابت یونش، غلظت مولی اسید را به دست می‌آوریم:

$$k_a = \frac{M\alpha^2}{1-\alpha} \Rightarrow 6 \times 10^{-4} = \frac{M(0/02)^2}{1-0/02} \Rightarrow 6 \times 10^{-4} = \frac{M \times 4 \times 10^{-4}}{1} \Rightarrow M = 1/5$$

برای خنثی شدن باید مول هیدرونیوم و هیدروکسید برابر باشد. مقدار مول هیدرونیوم بر اساس رابطه nMV برابر است با:

$$1 \times 1/5 \times 0/200 = 0/3 \text{ mol } H_3O^+$$



$$? g Li_2O = 0/3 \text{ mol } OH^- \times \frac{1 \text{ mol } Li_2O}{2 \text{ mol } OH^-} \times \frac{30 g Li_2O}{1 \text{ mol } Li_2O} \times \frac{100 g Li_2O \text{ ناخالص}}{60 g Li_2O \text{ خالص}} = 7/5 g Li_2O$$

گزینه ۲

۲

بررسی عبارت‌ها:

(الف) نادرست. سدیم هیدروژن کربنات، یک ضداسید است و در آب خاصیت بازی دارد درحالی‌که اتانول در آب به‌صورت مولکولی حل می‌شود و خاصیت اسیدی یا بازی ندارد.

(ب) درست. استیک اسید (CH_3COOH) اسید ضعیف‌تری از فورمیک اسید ($HCOOH$) است. با غلظت‌های یکسان، در محلول استیک اسید غلظت یون هیدرونیوم کمتر و غلظت یون هیدروکسید بیشتر است.

(پ) نادرست. pH محلول اسیدی باید کمتر از ۷ باشد.

(ت) نادرست. هر دو اسید به‌طور کامل یونیده شده و pH هر دو محلول برابر ۳ خواهد بود.

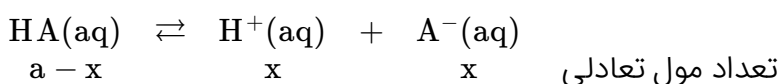
$$\left. \begin{aligned} [H^+] = M = 0/001 \text{ mol.L}^{-1} \\ pH = -\log[H^+] = -\log 10^{-3} = 3 \end{aligned} \right\} \text{ در هر دو محلول}$$

گزینه ۲

۳

بررسی پرسش‌ها:

(الف)



$$\Rightarrow (a-x) + x + x = 1/024a \Rightarrow a+x = 1/024a \Rightarrow x = 0/024a$$

$$\text{درصد یونش} = \frac{\text{تعداد مول‌های یونش یافته}}{\text{تعداد کل مول‌های حل‌شده}} \times 100 = \frac{0/024a}{a} \times 100 = 2/4\%$$

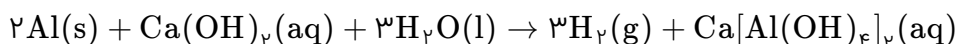
(ب) تنها عامل مؤثر بر ثابت تعادل دما است و با تغییر غلظت مواد ثابت تعادل تغییر نمی‌کند.

(پ) pH خون انسان برخلاف آب گازدار بیشتر از ۷ است. (pH آب گازدار کمتر از ۷ و دارای خاصیت اسیدی است)

ابتدا pH محلول اولیه را در شروع واکنش محاسبه می‌کنیم.

$$[\text{OH}^-] = \text{nM} = 2 \times 10^{-7} = 2 \times 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow \text{pOH} = 7 \Rightarrow \text{pH} = 13/3$$

باتوجه به نمودار مربوط به حجم $\text{H}_2(\text{g})$ تولیدشده می‌توان مقدار مول مصرفی یون هیدروکسید را محاسبه کرد که برای این منظور باید معادله واکنش را موازنه کنیم.



$$? \text{ mol OH}^- = 13/44 \text{ L} \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{22/4 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ mol Ca}(\text{OH})_2}{3 \text{ mol H}_2} \times \frac{2 \text{ mol OH}^-}{1 \text{ mol Ca}(\text{OH})_2} = 10/4 \text{ mol}$$

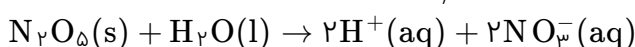
مقدار مول اولیه OH^- باتوجه به رابطه nMV برابر با $10/4 = 2 \times 10^{-7} \times 2 = 10/4$ است، پس تمام مول OH^- مصرف شده و در زمان ۱۰۰ s مقدار pH محلول در پایان واکنش به ۷ می‌رسد.



از هر مول باریم اکسید، ۳ مول یون وارد محلول می‌شود.

$$\text{یون Ba} = 6 \times 10^{-3} \text{ mol} = 100 \text{ mL} \times \frac{1/53 \text{ g BaO}}{500 \text{ mL}} \times \frac{1 \text{ mol BaO}}{153 \text{ g BaO}} \times \frac{3 \text{ mol یون}}{1 \text{ mol BaO}}$$

$$\text{یون OH} = 4 \times 10^{-3} \text{ mol} = \frac{6 \times 10^{-3}}{1/5} = 4 \times 10^{-3} \text{ mol}$$



از هر مول N_2O_5 ، ۴ مول یون وارد آب می‌شود که ۲ مول آن $\text{H}^+(\text{aq})$ است.

$$\text{تعداد یون H}^+(\text{aq}) \text{ در محلول B} = 4 \times 10^{-3} \text{ mol یون} \times \frac{2 \text{ mol H}^+(\text{aq})}{4 \text{ mol یون}} = 2 \times 10^{-3} \text{ mol H}^+(\text{aq})$$

$$[\text{H}^+] = \frac{2 \times 10^{-3} \text{ mol}}{200 \text{ mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

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

$$[\text{H}^+] \Rightarrow \text{pH} = 4/7 \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-4/7} \Rightarrow 10^{-5} \times 10^{3/7} \Rightarrow 2 \times 10^{-5}$$

$$[\text{OH}^-] \Rightarrow \text{pH} = 11/3 \Rightarrow \text{pOH} = 2/7 \Rightarrow 10^{-3} \times 10^{3/7} = 2 \times 10^{-3}$$

$$\frac{[\text{H}^+]}{[\text{OH}^-]} = \frac{2 \times 10^{-5}}{2 \times 10^{-3}} = 10^{-2}$$

بررسی عبارت‌ها:

الف) درست. در همهٔ محلول‌های اسیدی و بازی یون هیدروکسید و هیدرونیوم وجود دارد ولی با غلظت‌های متفاوت.

ب) نادرست. pH محلول اسیدی در دمای ۲۵ درجه نمی‌تواند از ۷ بیشتر باشد.

پ) نادرست. در لحظهٔ تعادل یونش هیدروفلوئوریک اسید $\text{HF(aq)} \rightleftharpoons \text{H}^+(\text{aq}) + \text{F}^-(\text{aq})$ غلظت مواد شرکت‌کننده در تعادل ثابت است نه برابر.

ت) نادرست. مواد خروجی از معده دارای خاصیت اسیدی هستند. برای خنثی‌سازی خاصیت اسیدی آن جهت جذب مواد لازم در خون باید pH رودهٔ کوچک بازی باشد.

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

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

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

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

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

پتاسیم هیدروکسید باز قوی و نیتریک اسید نیز اسید قوی است.

$$\begin{cases} \text{محلول (۱)} \begin{cases} \text{pH} = 12/4 \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-12/4} = 10^{0/3+0/3-13} = 2 \times 2 \times 10^{-13} = 4 \times 10^{-13} \\ [\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{4 \times 10^{-13}} = 0/25 \text{ mol.L}^{-1} \\ \text{OH}^- \text{ تعداد مول} = 0/15 \text{ L} \times \frac{0/25 \text{ mol}}{\text{L}} = 3/75 \times 10^{-3} \text{ mol OH}^- \end{cases} \\ \text{محلول (۲)} \begin{cases} \text{pH} = 1/15 \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-1/15} = 10^{0/85-2} = 7 \times 10^{-2} \\ \text{H}^+ \text{ تعداد مول} = 0/05 \text{ L} \times \frac{7 \times 10^{-2} \text{ mol}}{\text{L}} = 3/5 \times 10^{-3} \text{ mol H}^+ \end{cases} \end{cases}$$

تعداد مول OH^- بیشتر از H^+ است؛ بنابراین تعداد مول باقی‌مانده از OH^- را حساب می‌کنیم:

$$\text{OH}^- \text{ تعداد مول باقی‌مانده از} = 3/75 \times 10^{-3} - 3/5 \times 10^{-3} = 0/25 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$[\text{OH}^-] \text{ در محلول پایانی} = \frac{0/25 \times 10^{-3} \text{ mol}}{(0/15 + 0/05) \text{ L}} = 1/25 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

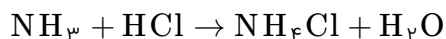
$$[\text{H}^+] \text{ در محلول پایانی} = \frac{10^{-14}}{1/25 \times 10^{-3}} = 8 \times 10^{-12}$$

$$\text{pH محلول پایانی} = -\log 8 \times 10^{-12} = -\log 2^3 - \log 10^{-12} = -0/9 + 12 = 11/1$$

$$pOH = 14 - 10 = 4 \Rightarrow [OH^-] = 10^{-4}$$

$$\frac{[OH^-]}{[NH_3]} \times 100 = 10 \Rightarrow \frac{10^{-4}}{[NH_3]} = 0.1 \Rightarrow [NH_3] = 10^{-3}$$

واکنش خنثی شدن اسید و باز به صورت زیر است:



ضرایب مولی اسید و باز با هم برابر است؛ بنابراین مول مصرفی هر دو نیز برابر خواهد بود.

$$mol HCl = mol NH_3 = MV = 10^{-3} \times 0.2 = 2 \times 10^{-4}$$

$$? g HCl = 2 \times 10^{-4} mol HCl \times \frac{36.5 g HCl}{1 mol HCl} = 73 \times 10^{-4} g HCl$$

و در نهایت با قرار دادن جرم اسید کلریدریک در رابطه درصد جرمی می‌توان مقدار محلول ۸۰٪ جرمی را به دست آورد:

$$\frac{73 \times 10^{-4} g HCl}{g \text{ محلول}} \times 100 = 80 \Rightarrow \text{جرم محلول} = 9.125 \times 10^{-3} g = 9.125 mg$$

$$? mol HCl = 44/8 mL \times \frac{1 L}{1000 mL} \times \frac{1 mol}{22.4 L} = 2 \times 10^{-3} mol HCl$$

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

$$[H^+] = [HCl] = \frac{2 \times 10^{-3} mol}{0.5 L} = 4 \times 10^{-3} mol.L^{-1}$$

$$pH = -\log[H^+] = -\log 4 \times 10^{-3} = -\log 4 - \log 10^{-3} = -0.6 + 3 = 2.4$$

$$[H^+][OH^-] = 10^{-14} \Rightarrow [OH^-] = \frac{10^{-14}}{4 \times 10^{-3}} = 2.5 \times 10^{-12}$$

$$\frac{[H^+]}{[OH^-]} = \frac{4 \times 10^{-3}}{2.5 \times 10^{-12}} = 1.6 \times 10^9$$

pH محلول هیدروکلریک اسید را برابر a و pH محلول هیدروبرمیک اسید را برابر $a + 2$ و همچنین حجم محلول هیدروکلریک اسید را V و حجم محلول هیدروبرمیک اسید را $3V$ در نظر می‌گیریم.

$$\begin{aligned} \text{HCl} \begin{cases} \text{pH} = a \Rightarrow [\text{H}^+] = [\text{HCl}] = 10^{-a} \text{ mol.L}^{-1} \\ \text{HCl جرم} = V \text{ L} \times \frac{10^{-a} \text{ mol}}{1 \text{ L}} \times \frac{36.5 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 10^{-a} \times V \times 36.5 \text{ g} \end{cases} \\ \text{HBr} \begin{cases} \text{pH} = a + 2 \Rightarrow [\text{H}^+] = [\text{HBr}] = 10^{-(a+2)} \text{ mol.L}^{-1} \\ \text{HBr جرم} = 3V \text{ L} \times \frac{10^{-(a+2)} \text{ mol}}{1 \text{ L}} \times \frac{81 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 10^{-(a+2)} \times 3V \times 81 \text{ g} \end{cases} \\ \Rightarrow \frac{\text{HCl جرم}}{\text{HBr جرم}} = \frac{10^{-a} \times V \times 36.5 \text{ g}}{10^{-(a+2)} \times 3V \times 81 \text{ g}} = \frac{36.5/5}{10^{-2} \times 3 \times 81} \simeq 15 \end{aligned}$$

در محلول حاصل از مخلوط کردن این دو اسید، غلظت یون هیدرونیوم برابر است با نسبت مجموع مول‌های یون هیدرونیوم به حجم کل. مول یون هیدرونیوم حاصل از تفکیک هیدروکلریک اسید:

$$\text{pH} = 1/5 \Rightarrow [\text{H}^+] = 3 \times 10^{-2} \Rightarrow \text{mol H}^+ = 0.03 \times 0.3 = 9 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

مول یون هیدرونیوم حاصل از تفکیک نیترو اسید:

$$\text{pH} = 4 \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-4} \Rightarrow \text{mol H}^+ = 10^{-4} \times 0.6 = 6 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

$$[\text{H}^+] = \frac{9 \times 10^{-3} + 6 \times 10^{-5}}{0.3 + 0.6} \simeq 10^{-2}$$

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

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

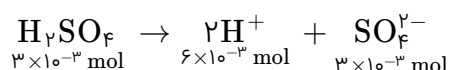
برای حل این مسأله، ابتدا تعداد مول‌های H^+ ، حاصل از سولفوریک اسید و تعداد مول‌های OH^- حاصل از سدیم هیدروکسید را به دست می‌آوریم:

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

$$\text{mol } OH^- = 0.3 \text{ L} \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} = 3 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\text{در محلول سولفوریک اسید: } \text{mol } H_2SO_4 = 0.2 \text{ L} \times 0.015 \text{ mol.L}^{-1} = 3 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

باتوجه به اینکه صورت سؤال، معادله یونش سولفوریک اسید را کامل در نظر گرفته است، بنابراین تعداد مول H^+ حاصل از یونش این اسید برابر است با:



زمانی که این دو مخلوط را باهم مخلوط می‌کنیم، H^+ حاصل از یونش اسید و OH^- حاصل از تفکیک باز به نسبت مولی برابر باهم واکنش داده و اثر همدیگر را خنثی می‌کنند؛ در این شرایط تعدادی از مول‌های H^+ در مخلوط، اضافی باقی می‌ماند. که براساس آن، pH مخلوط نهایی را می‌توانیم حساب کنیم:

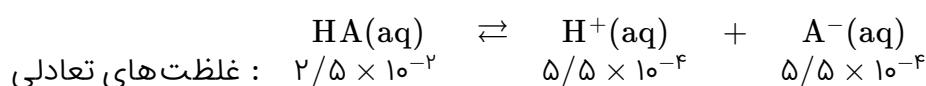
$$\text{مول های } H^+ \text{ باقی مانده در مخلوط} = 6 \times 10^{-3} (\text{mol } H^+) - 3 \times 10^{-3} (\text{mol } OH^-)$$

$$= 3 \times 10^{-3} \text{ mol } H^+$$

$$\left\{ \begin{aligned} [H^+] &= \frac{\text{mol } H^+}{\text{حجم کلی مخلوط}} = \frac{3 \times 10^{-3} \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} = 6 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \\ \text{حجم مخلوط} &= 200 + 300 = 500 \text{ mL} = 0.5 \text{ L} \end{aligned} \right.$$

$$pH = -\log[H^+] = -\log 6 \times 10^{-3} \Rightarrow pH = 3 - 0.78 = 2.22$$

pOH این محلول از ۳ به ۵ افزایش یافته است؛ یعنی غلظت یون هیدروکسید ۱۰۰ برابر کاهش داشته است. در گزینه ۲ با افزایش ۳۹۶۰ میلی‌لیتر آب به محلول حجم آن را به ۴۰۰۰ میلی‌لیتر می‌رسانیم که نسبت به حجم اولیه ۱۰۰ برابر رقیق شده است؛ یعنی غلظت یون هیدروکسید ۱۰۰ برابر کاهش یافته است. در گزینه ۳ باتوجه به اینکه غلظت هیدروکلریک اسید بسیار زیاد است، لذا نسبت محلول بازی را بسیار تغییر خواهد داد. چه‌بسا محیط کاملاً اسیدی خواهد شد.



$$K = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{(5/5 \times 10^{-4})^2}{2/5 \times 10^{-2}} = 1/21 \times 10^{-5}$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = \frac{3 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ mol}}{60 \text{ g}} = 0.5 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{HCN}] = \frac{1/35 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ mol}}{27 \text{ g}} = 0.5 \text{ mol.L}^{-1}$$

باتوجه به ثابت یونش اسیدی، مقدار $\text{H}^+(\text{aq})$ تولید شده از یونش HCN بسیار کم و قابل صرف نظر است؛ بنابراین می توان غلظت $\text{H}^+(\text{aq})$ حاصل از یونش استیک اسید را تعیین کرده و pH محلول را مشخص کرد.

$$\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq}) + \text{H}^+(\text{aq})$$

$\begin{matrix} 0.5 - x & x & x \end{matrix}$
 غلظت های تعادلی

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \Rightarrow 1/8 \times 10^{-5} = \frac{x^2}{0.5 - x}$$

ثابت یونش استیک اسید بسیار کوچک و اسید ضعیف است، می توان با صرف نظر از x ، غلظت تعادلی CH_3COOH را برابر 0.5 در نظر گرفت.

$$\Rightarrow 1/8 \times 10^{-5} \simeq \frac{x^2}{0.5} \Rightarrow x^2 = 9 \times 10^{-6} \Rightarrow x = [\text{H}^+] = 3 \times 10^{-3}$$

$$\text{pH} = -\log 3 \times 10^{-3} = -0.48 + 3 = 2.52$$

گل ادریسی در خاک اسیدی به رنگ آبی اما در خاک بازی به رنگ سرخ شکوفا می شود؛ بنابراین:

گزینه ۱: نادرست؛ زیرا pH گزارش شده نادرست است.

$$[\text{OH}^-] = 2 \times 10^{-5} \Rightarrow \text{pOH} = -\log 2 \times 10^{-5} = -(0.3 - 5) = 4.7 \Rightarrow \text{pH} = 14 - 4.7 = 9.3$$

گزینه ۲: نادرست؛ زیرا pH گزارش شده نادرست است.

$$\text{pH} = -\log 2 \times 10^{-5} = 4.7$$

گزینه ۳: درست. اگر غلظت یون هیدروکسید کمتر از 10^{-7} باشد، پس نمونه دارای خاصیت اسیدی است و گل ادریسی به رنگ آبی شکوفا می شود.

$$[\text{OH}^-] = 4 \times 10^{-9} \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{10^{-14}}{4 \times 10^{-9}} = 0.25 \times 10^{-5} = 2.5 \times 10^{-7}$$

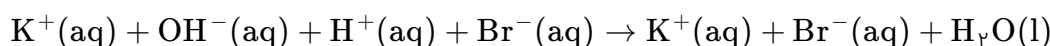
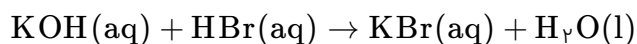
$$\text{pH} = -\log 2.5 \times 10^{-7} = -(2 \times 0.7 - 7) = 5.6$$

گزینه ۴: نادرست؛ زیرا pH گزارش شده نادرست است.

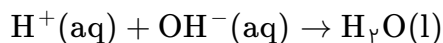
$$\text{pH} = -\log 4 \times 10^{-9} = -(2 \times 0.3 - 9) = 8.4$$

اگر موادی که سبب گرفتگی لوله‌ها می‌شود خاصیت بازی داشته باشند، برای باز کردن آن‌ها از محلول غلیظ هیدروکلریک اسید استفاده می‌شود.

در واکنش محلول پتاسیم هیدروکسید و هیدروبرمیک اسید که به شکل زیر انجام می‌شود، نشان می‌دهد یون‌های $K^+(aq)$ و $Br^-(aq)$ دست‌نخورده باقی می‌مانند.



واکنش اصلی خنثی شدن اسید و باز:



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.