



*Wiki App*

www.appwiki.ir

پاسخنامه فارسی کتاب شیمی مورتیمر

جلد دوم

فصل ۱۸



## تبادل یونی، بخش II

حل مسئله‌ها

حاصل ضرب انحلال

۱-۱۸ برای هر یک از ترکیب‌های زیر عبارت  $K_{SP}$  را بنویسید: (الف)  $Bi_2S_3$ ؛ (ب)  $PbCrO_4$ ؛ (ج)  $AgIO_3$ ؛ (د)  $Ag_2CrO_4$ .

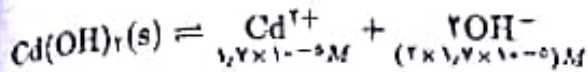
پاسخ (الف)  $[Bi^{3+}]^2[S^{2-}] = K_{SP}$ ، (ب)  $[Pb^{2+}][CrO_4^{2-}] = K_{SP}$ ، (ج)  $[Ag^+][CrO_4^{2-}] = K_{SP}$ ، (د)  $[Ag^+]^2[IO_3^-] = K_{SP}$

۲-۱۸ برای هر یک از ترکیب‌های زیر عبارت  $K_{SP}$  را بنویسید: (الف)  $PbI_2$ ؛ (ب)  $Cr(OH)_3$ ؛ (ج)  $Hg_2Cl_2$ ؛ (د)  $Ba_3(PO_4)_2$ .

پاسخ (الف)  $[Pb^{2+}][I^-]^2 = K_{SP}$ ، (ب)  $[Cr^{3+}][OH^-]^3 = K_{SP}$ ، (ج)  $[Ba^{2+}][PO_4^{3-}]^3 = K_{SP}$ ، (د)  $[Hg_2^{2+}][Cl^-]^2 = K_{SP}$

۳-۱۸ در  $25^\circ C$ ،  $1.7 \times 10^{-5} mol$  از  $Cd(OH)_2$  در  $1.0 L$  محلول سیرشده، حل شده است.  $K_{SP}$   $Cd(OH)_2$  را محاسبه کنید.

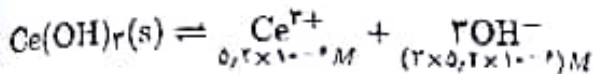
پاسخ



$$K_{SP} = [\text{Cd}^{2+}][\text{OH}^-]^2 = (1,7 \times 10^{-5})(2 \times 1,7 \times 10^{-5})^2 = 2,1 \times 10^{-12}$$

۴-۱۸ در ۲۵°C،  $5,2 \times 10^{-6} \text{ mol}$  از  $\text{Ce(OH)}_3$  در ۱,۰ L محلول سیرشده، حل شده است.  $K_{SP}$   $\text{Ce(OH)}_3$  را محاسبه کنید.

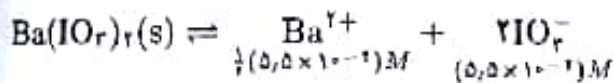
پاسخ



$$K_{SP} = [\text{Ce}^{3+}][\text{OH}^-]^3 = (5,2 \times 10^{-6})(3 \times 5,2 \times 10^{-6})^3 = 2,1 \times 10^{-20}$$

۵-۱۸ در ۲۵°C، غلظت یون  $\text{IO}_3^-$  در محلول سیرشده  $\text{Ba(IO}_3)_2$  برابر  $5,5 \times 10^{-2} \text{ M}$  است.  $K_{SP}$   $\text{Ba(IO}_3)_2$  چقدر است؟

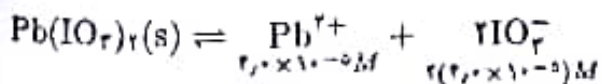
پاسخ



$$K_{SP} = [\text{Ba}^{2+}][\text{IO}_3^-]^2 = \left(\frac{5,5 \times 10^{-2}}{2}\right)(5,5 \times 10^{-2})^2 = 8,3 \times 10^{-11}$$

۶-۱۸ در ۲۵°C، غلظت یون  $\text{Pb}^{2+}$  در محلول سیرشده  $\text{Pb(IO}_3)_2$  برابر  $4,0 \times 10^{-5} \text{ M}$  است.  $K_{SP}$   $\text{Pb(IO}_3)_2$  چقدر است؟

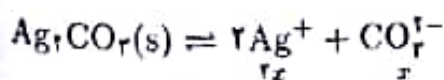
پاسخ

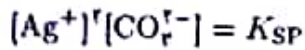


$$K_{SP} = (4,0 \times 10^{-5})(2 \times 4,0 \times 10^{-5})^2 = 2,6 \times 10^{-12}$$

۷-۱۸ با استفاده از مقادیر  $K_{SP}$  بگویید آیا انحلال پذیری مولی  $\text{Ag}_2\text{CO}_3$  کمتر است یا  $\text{CuCO}_3$ ؟

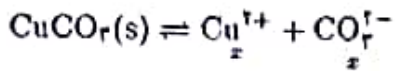
پاسخ اگر میزان انحلال پذیری مولی نقره کربنات را  $x$  فرض کنیم





$$(2x)^2(x) = 4x^3 = 8.7 \times 10^{-12}$$

$$x = 1.3 \times 10^{-4} \text{ mol } Ag_2CO_3/L$$



$$K_{SP} = [Cu^{2+}][CO_3^{2-}]$$

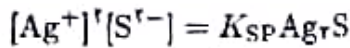
$$(x)(x) = x^2 = 2.5 \times 10^{-10}$$

$$x = [CO_3^{2-}] = 1.6 \times 10^{-5} \text{ mol } CuCO_3/L$$

بنابراین، انحلال پذیری مولی  $CuCO_3$  کمتر از  $Ag_2CO_3$  می باشد.

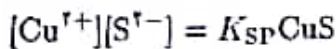
۸-۱۸ با استفاده از مقادیر  $K_{SP}$  تعیین کنید آیا انحلال پذیری مولی  $Ag_2S$  کمتر است یا  $CuS$ ؟

پاسخ



$$(2x)^2(x) = 4x^3 = 5.5 \times 10^{-51}$$

$$x = 1.1 \times 10^{-17} M$$



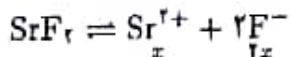
$$(x)(x) = x^2 = 8.0 \times 10^{-37}$$

$$x = 8.9 \times 10^{-19} M$$

بنابراین، انحلال پذیری مولی  $CuS$  کمتر از  $Ag_2S$  می باشد.

۹-۱۸ با استفاده از مقدار  $K_{SP}$  انحلال پذیری مولی  $SrF_2$  را تعیین کنید.

پاسخ



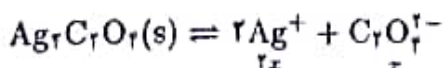
$$[Sr^{2+}][F^{-}]^2 = K_{SP}$$

$$(x)(2x)^2 = 4x^3 = 7.9 \times 10^{-10}$$

$$x = 5.8 \times 10^{-4} \text{ mol } SrF_2/L$$

۱۰-۱۸ با استفاده از مقدار  $K_{SP}$  انحلال پذیری مولی  $Ag_2C_2O_4$  را تعیین کنید.

پاسخ





$$[Ag^+][CrO_4^{2-}] = K_{sp}$$

$$(2x)^2(x) = 1,1 \times 10^{-11}$$

$$x = 1,4 \times 10^{-4} \text{ mol } Ag_2CrO_4/L$$

۱۱-۱۸ در ۱,۰L محلول NaOH با pH برابر ۱۲,۳۴، چند مول  $Ni(OH)_2$  حل خواهد شد؟

پاسخ

$$pH = 12,34 \Rightarrow pOH = 14 - 12,34 = 1,66$$

$$[OH^-] = 2,2 \times 10^{-2} M$$

$$[Ni^{2+}][OH^-]^2 = K_{sp}$$

$$[Ni^{2+}](2,2 \times 10^{-2})^2 = 1,6 \times 10^{-16} \Rightarrow [Ni^{2+}] = 3,3 \times 10^{-12} \text{ mol/L}$$

۱۲-۱۸ در ۱,۰L محلول NaOH با pH برابر ۸,۲۳، چند مول  $Cu(OH)_2$  حل خواهد شد؟

پاسخ

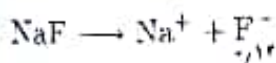
$$pH = 8,23, pOH = 5,77 \Rightarrow [OH^-] = 1,7 \times 10^{-6} M$$

$$[Cu^{2+}][OH^-]^2 = K_{sp}$$

$$[Cu^{2+}](1,7 \times 10^{-6})^2 = 1,6 \times 10^{-19} \Rightarrow [Cu^{2+}] = 5,5 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$$

۱۳-۱۸ در ۲۵۰ml محلول NaF، ۰,۱۲M، چند مول  $BaF_2$  حل خواهد شد؟

پاسخ



$$[Ba^{2+}][F^-]^2 = K_{sp} = 1,4 \times 10^{-5}$$

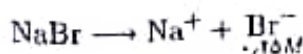
$$[Ba^{2+}](0,12)^2 = 1,4 \times 10^{-5}$$

$$[Ba^{2+}] = 1,7 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$$

$$? \text{ mol } BaF_2 = 0,250 \cdot L \left( \frac{1,7 \times 10^{-7} \text{ mol } BaF_2}{1L} \right) = 4,2 \times 10^{-8} \text{ mol } BaF_2/L$$

۱۴-۱۸ در ۱۵۰ml محلول NaBr، ۰,۲۵M، چند مول  $PbBr_2$  حل خواهد شد؟

پاسخ



$$[\text{Pb}^{2+}][\text{Br}^-]^2 = K_{sp}$$

$$[\text{Pb}^{2+}](0,25)^2 = 4,6 \times 10^{-6}$$

$$[\text{Pb}^{2+}] = 7,4 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

$$? \text{ mol PbBr}_2 = 0,15 \text{ L} \left( \frac{7,4 \times 10^{-5} \text{ mol PbBr}_2}{1 \text{ L}} \right) = 1,1 \times 10^{-5} \text{ mol PbBr}_2$$

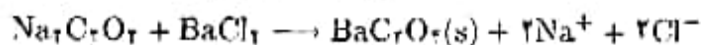
رسوب کردن و  $K_{sp}$

۱۵-۱۸ غلظت نهایی  $\text{Na}^+(\text{aq})$ ,  $\text{CrO}_4^{2-}(\text{aq})$ ,  $\text{Ba}^{2+}(\text{aq})$  و  $\text{Cl}^-(\text{aq})$  را در محلولی که از افزودن  $100 \text{ mL}$  از  $0,20 \text{ M Na}_2\text{CrO}_4$  به  $150 \text{ mL}$   $0,25 \text{ M BaCl}_2$  تهیه شده است را تعیین کنید.

پاسخ با افزایش دو محلول حجم نهایی به  $250$  میلی لیتر می رسد، بنابراین غلظت جدید مواد در صورتی که با هم واکنش ندهند عبارت خواهد بود از

$$[\text{Na}_2\text{CrO}_4] = \frac{M_{\text{Na}_2\text{CrO}_4} \times V_{\text{Na}_2\text{CrO}_4}}{V_{\text{Na}_2\text{CrO}_4} + V_{\text{BaCl}_2}} = \frac{0,20 \text{ mol} \times 100 \text{ mL}}{100 \text{ mL} + 150 \text{ mL}} = 0,08 \text{ M}$$

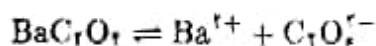
$$[\text{BaCl}_2] = \frac{M_{\text{BaCl}_2} \times V_{\text{BaCl}_2}}{V_{\text{Na}_2\text{CrO}_4} + V_{\text{BaCl}_2}} = \frac{0,25 \times 150 \text{ mL}}{100 \text{ mL} + 150 \text{ mL}} = 0,15 \text{ M}$$



$$[\text{Na}^+] = 2 \times 0,08 = 0,16 \text{ M}$$

$$[\text{Cl}^-] = 2 \times 0,15 = 0,30 \text{ M}$$

$\text{Na}^+$  و  $\text{Cl}^-$  یون هایی هستند که در واکنش شرکت نمی کنند



در شروع آزمایش

$$- \quad \quad \quad 0,15 \text{ M} \quad 0,08 \text{ M}$$

پس از افزایش  $0,08$  مول

$$? \quad \quad \quad 0,07 \quad \quad \quad \text{باریم اگرالات رسوب می کند}$$

$$[\text{Ba}^{2+}][\text{CrO}_4^{2-}] = 1,5 \times 10^{-8} (0,07) [\text{CrO}_4^{2-}] = 1,5 \times 10^{-8}$$

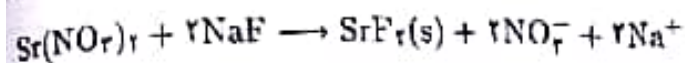
$$[\text{CrO}_4^{2-}] = 2,1 \times 10^{-7} \text{ M}$$

۱۶-۱۸ غلظت نهایی  $\text{Sr}^{2+}(\text{aq})$ ,  $\text{NO}_3^-(\text{aq})$ ,  $\text{Na}^+(\text{aq})$  و  $\text{F}^-(\text{aq})$  را در محلولی که از افزودن  $50 \text{ mL}$  از  $0,30 \text{ M Sr}(\text{NO}_3)_2$  به  $150 \text{ mL}$   $0,12 \text{ M NaF}$  تهیه شده است را تعیین کنید.

پاسخ یا افزودن در محلول به یکدیگر، حجم نمونه افزایش پیدا می‌کند غلظت ترکیب‌های کاهش می‌یابد:

$$[\text{Sr}(\text{NO}_3)_2] = \frac{50 \text{ mL} \times 0.13}{50 \text{ mL} + 150 \text{ mL}} = 0.075 \text{ M}$$

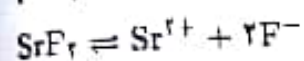
$$[\text{NaF}] = \frac{150 \text{ mL} \times 0.12}{150 \text{ mL} + 50 \text{ mL}} = 0.090 \text{ M}$$



در این واکنش یون‌های سدیم و نیترات در واکنش شرکت نمی‌کنند. بنابراین:

$$[\text{Na}^+] = [\text{NaF}] = 0.090 \text{ M}$$

$$[\text{NO}_3^-] = 2[\text{Sr}(\text{NO}_3)_2] = 2 \times 0.075 = 0.150 \text{ M}$$



در شروع آزمایش:

$$0.075 \text{ M} \quad 2 \times 0.090 \text{ M}$$

غلظت پس از رسوب  $0.045$  مول  $\text{SrF}_2$ :

$$0.030 \text{ M} \quad ?$$

$$K_{\text{SP}} = [\text{Sr}^{2+}][\text{F}^-]^2 = (0.030)[\text{F}^-]^2 = 7.9 \times 10^{-10}$$

$$[\text{F}^-] = 1.6 \times 10^{-4} \text{ M}$$

۱۷-۱۸ برای تشکیل رسوب  $\text{SrF}_2$  از محلول سیرشده  $\text{SrSO}_4$  چه غلظتی از  $\text{F}^-$  لازم است؟

پاسخ در محلول اشباع  $\text{SrSO}_4$  غلظت یون‌های  $\text{Sr}^{2+}$  و  $\text{SO}_4^{2-}$  با هم برابر است

$$[\text{Sr}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] = K_{\text{SP}} = 7.6 \times 10^{-7} \Rightarrow [\text{Sr}^{2+}] = 8.7 \times 10^{-7} \text{ M}$$

حال به جای  $\text{Sr}^{2+}$  در رابطه حاصلضرب انحلال‌پذیری  $\text{SrF}_2$  قرار می‌دهیم

$$[\text{Sr}^{2+}][\text{F}^-]^2 = K_{\text{SP}}$$

$$(8.7 \times 10^{-7})[\text{F}^-]^2 = 7.9 \times 10^{-10}$$

$$[\text{F}^-] = 9.5 \times 10^{-4} \text{ M}$$

۱۸-۱۸ برای تشکیل رسوب  $\text{BaSO}_4$  از محلول سیرشده  $\text{BaF}_2$  چه غلظتی از  $\text{SO}_4^{2-}$  لازم است؟



پاسخ



اگر مقدار  $[\text{Ba}^{2+}] = x$  و  $[\text{F}^-] = 2x$  فرض کنیم.

$$[\text{Ba}^{2+}][\text{F}^-]^2 = K_{\text{SP}}$$

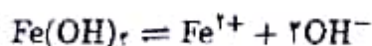
$$(x)(2x)^2 = 2,4 \times 10^{-5} \Rightarrow x = [\text{Ba}^{2+}] = 0,018M$$

$$[\text{Ba}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] = K_{\text{SP}}$$

$$(0,018)[\text{SO}_4^{2-}] = 1,5 \times 10^{-9} \Rightarrow [\text{SO}_4^{2-}] = 8,3 \times 10^{-8}M$$

۱۸-۱۹ برای جلوگیری از تشکیل رسوب  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  از محلول  $0,20M$  نسبت به  $\text{Fe}^{2+}$  و  $0,20M$  نسبت به  $\text{NH}_3$ ، غلظت  $\text{NH}_4^+$  دستکم چقدر باید باشد؟

پاسخ



$$[\text{Fe}^{2+}][\text{OH}^-]^2 = K_{\text{SP}}$$

$$(0,02)[\text{OH}^-]^2 = 1,8 \times 10^{-15}$$

$$[\text{OH}^-] = 3,0 \times 10^{-7}M$$

$$\frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = K_b = 1,8 \times 10^{-5}$$

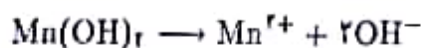
$$\frac{[\text{NH}_4^+](3,0 \times 10^{-7})}{(0,02)} = 1,8 \times 10^{-5}$$

حداقل غلظت لازم برای شروع به رسوب  $1,2M$  است.

$$\text{NH}_4^+ = 1,2M$$

۱۸-۲۰ برای جلوگیری از تشکیل رسوب  $\text{Mn}(\text{OH})_2$  از محلول  $0,30M$  نسبت به  $\text{Mn}^{2+}$  و  $0,30M$  نسبت به  $\text{NH}_3$ ، غلظت  $\text{NH}_4^+$  دستکم چقدر باید باشد؟

پاسخ



$$[\text{Mn}^{2+}][\text{OH}^-]^2 = K_{\text{SP}} = 2,0 \times 10^{-13}$$

$$(0.030)[\text{OH}^-]^2 = 2.0 \times 10^{-12} \Rightarrow [\text{OH}^-] = 2.6 \times 10^{-6} M$$

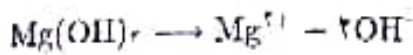
$$\frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = K_b = \frac{[\text{NH}_4^+](2.6 \times 10^{-6})}{(0.030)} = 1.8 \times 10^{-5}$$

$$\Rightarrow [\text{NH}_3] = 0.021 M$$

حداقل مقدار  $\text{NH}_3$  لازم برای تشکیل رسوب  $\text{Mn}(\text{OH})_2$

۲۱-۱۸ محلولی نسبت به  $0.09 M$   $\text{Mg}^{2+}$  و نسبت به  $0.33 M$   $\text{NH}_4^+$  است. دست کم چه غلظتی از  $\text{NH}_3$  سبب تشکیل رسوب  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  خواهد شد؟

پاسخ



$$[\text{Mg}^{2+}][\text{OH}^-]^2 = K_{sp} = 8.9 \times 10^{-12}$$

$$(0.09)[\text{OH}^-]^2 = 8.9 \times 10^{-12}$$

$$[\text{OH}^-] = 9.9 \times 10^{-6} M$$

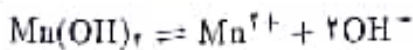
$$\frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = K_b = 1.8 \times 10^{-5}$$

$$\frac{(0.33)(9.9 \times 10^{-6})}{[\text{NH}_3]} = 1.8 \times 10^{-5} \Rightarrow [\text{NH}_3] = 0.18$$

حداقل  $\text{NH}_3$  لازم

۲۲-۱۸ محلولی نسبت به  $0.30 M$   $\text{Mn}^{2+}$  و نسبت به  $0.25 M$   $\text{NH}_4^+$  است. دست کم چه غلظتی از  $\text{NH}_3$  سبب تشکیل رسوب  $\text{Mn}(\text{OH})_2$  خواهد شد؟

پاسخ



$$[\text{Mn}^{2+}][\text{OH}^-]^2 = K_{sp} = 2.0 \times 10^{-12}$$

$$(0.03)[\text{OH}^-]^2 = 2.0 \times 10^{-12}$$

$$[\text{OH}^-] = 2.6 \times 10^{-6} M$$

$$\frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = K_b$$

$$\frac{(0.25)(2.6 \times 10^{-6})}{[\text{NH}_3]} = 1.8 \times 10^{-5}$$

$$[\text{NH}_3] = 2.6 \times 10^{-7} M$$

۱۸-۲۳ اگر ۲۰ mL محلول  $0.15 M Pb(NO_3)_2$  و ۵۰ mL محلول  $0.20 M NaCl$  با هم مخلوط شوند، آیا  $PbCl_2$  رسوب می‌کند؟

پاسخ با افزایش دو محلول به یکدیگر حجم نمونه زیاد و غلظت مواد کم می‌شود، بنابراین، ابتدا غلظت ترکیب‌ها در حجم جدید را محاسبه می‌کنیم.

$$[Pb^{2+}] = [Pb(NO_3)_2] = \frac{0.15 \times 20}{20 + 50} = 4.3 \times 10^{-2} M$$

$$[Cl^-] = [NaCl] = \frac{0.20 \times 50}{20 + 50} = 1.4 \times 10^{-1} M$$

$$K_{i.p} = K_{sp} = (4.3 \times 10^{-2})(1.4 \times 10^{-1})^2 = 8.4 \times 10^{-7}$$

حاصلضرب یونی  $PbCl_2$  برابر  $8.4 \times 10^{-7}$  و کمتر از  $K_{sp}$  که  $1.6 \times 10^{-5}$  می‌باشد، بنابراین،  $PbCl_2$  رسوب نخواهد کرد.

۱۸-۲۴ اگر ۳۰ mL محلول  $0.4 M Mg(NO_3)_2$  و ۷۰ mL محلول  $0.20 M NaF$  با هم مخلوط شوند، آیا  $MgF_2$  رسوب می‌کند؟

پاسخ

$$[Mg^{2+}] = [Mg(NO_3)_2] = \frac{0.4 \times 30}{30 + 70} = 0.12 M$$

$$[F^-] = [NaF] = \frac{0.20 \times 70}{30 + 70} = 0.14 M$$

$$K_{i.p} = [Mg^{2+}][F^-]^2 = (0.12)(0.14)^2 = 2.4 \times 10^{-6}$$

$$K_{sp} = 8 \times 10^{-8}$$

بنابراین، چون

$$K_{sp} = 8 \times 10^{-8} < K_{i.p} = 2.4 \times 10^{-6}$$

می‌باشد، پس رسوب  $MgF_2$  تشکیل خواهد شد.

۱۸-۲۵ اگر ۲۵ mL محلول  $0.50 M CaCl_2$  و ۵۰ mL محلول  $0.20 M Na_2SO_4$  با هم مخلوط شوند، آیا  $CaSO_4$  رسوب می‌کند؟

پاسخ

$$[Ca^{2+}] = [CaCl_2] = \frac{0.50 \times 25}{50 + 25} = 0.17 M$$

$$[SO_4^{2-}] = [Na_2SO_4] = \frac{0.20 \times 50}{50 + 25} = 0.13 M$$

$$K_{i.p} = [Ca^{2+}][SO_4^{2-}] = (0,017)(0,013) \\ = 2,2 \times 10^{-4} > K_{SP} = 2,4 \times 10^{-5}$$

بنابراین، رسوب کلسیم سولفات تشکیل خواهد شد.

۲۶-۱۸ اگر ۵,۰ mL محلول  $0,030 M AgNO_3$  و ۷,۵ mL محلول  $0,015 M Na_2SO_4$  با هم مخلوط شوند، آیا  $Ag_2SO_4$  رسوب می‌کند؟

پاسخ

$$[Ag^+] = [AgNO_3] = \frac{5 \times 0,03}{5 + 7,5} = 0,12 M$$

$$[SO_4^{2-}] = [Na_2SO_4] = \frac{7,5 \times 0,015}{5 + 7,5} = 9 \times 10^{-3} M$$

$$K_{i.p} = [Ag^+][SO_4^{2-}] = (0,12)^2 (9 \times 10^{-3}) \\ = 1,3 \times 10^{-2} > K_{SP} = 1,2 \times 10^{-5}$$

بنابراین،  $Ag_2SO_4$  رسوب خواهد کرد.

۲۷-۱۸ محلولی نسبت به  $0,15 M Pb^{2+}$  و نسبت به  $0,20 M Ag^+$  است. (الف) اگر  $Na_2SO_4$  جامد به آرامی به این محلول اضافه شود، کدامیک ابتدا رسوب می‌کند،  $PbSO_4$  یا  $Ag_2SO_4$ ؟ از تغییر حجم صرف‌نظر کنید؛ (ب) افزودن  $Na_2SO_4$  تا زمانی ادامه می‌یابد که کاتیون دوم نیز مانند سولفات شروع به رسوب دادن کند. غلظت کاتیون اول در این نقطه چقدر است؟

پاسخ (الف)

$$[Pb^{2+}][SO_4^{2-}] = K_{SP}$$

$$(0,15)[SO_4^{2-}] = 1,3 \times 10^{-8}$$

$$[SO_4^{2-}] = 8,7 \times 10^{-8} M$$

$$[Ag^+]^2 [SO_4^{2-}] = K_{SP}$$

$$(0,2)^2 [SO_4^{2-}] = 1,2 \times 10^{-5}$$

$$[SO_4^{2-}] = 3,0 \times 10^{-2} M$$

نخست،  $PbSO_4$  رسوب می‌کند، زیرا احتیاج به مقدار کمتری از  $SO_4^{2-}$  دارد. (ب) وقتی  $Ag_2SO_4$  شروع به رسوب می‌کند غلظت  $SO_4^{2-}$  برابر  $3 \times 10^{-2} M$  است، بنابراین

$$[Pb^{2+}](3,0 \times 10^{-2}) = 1,3 \times 10^{-8} \Rightarrow [Pb^{2+}] = 4,3 \times 10^{-5} M$$

۱۸-۲۸ محلولی نسبت به  $\text{CrO}_4^{2-}$   $0.10\text{ M}$  و نسبت به  $\text{SO}_4^{2-}$   $0.15\text{ M}$  است. (الف) اگر  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  جامد به آرامی به این محلول اضافه شود، کدامیک ابتدا رسوب می‌کند،  $\text{BaSO}_4$  یا  $\text{BaCrO}_4$ ؟ از تغییر حجم صرف‌نظر کنید؛ (ب) افزودن  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  تا زمانی ادامه می‌یابد که کاتیون دوم نیز مانند نمک باریوم شروع به رسوب دادن کند. در این نقطه غلظت کاتیون اول چقدر است؟

پاسخ (الف)

$$[\text{Ba}^{2+}][\text{CrO}_4^{2-}] = K_{sp}$$

$$[\text{Ba}^{2+}](0.1) = 1.5 \times 10^{-11}$$

$$[\text{Ba}^{2+}] = 1.5 \times 10^{-10}\text{ M}$$

$$[\text{Ba}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] = K_{sp}$$

$$[\text{Ba}^{2+}](0.15) = 1.5 \times 10^{-9}$$

$$[\text{Ba}^{2+}] = 1.0 \times 10^{-8}\text{ M}$$

ابتدا،  $\text{BaCrO}_4$  رسوب می‌کند زیرا احتیاج به مقدار کمتری  $\text{Ba}^{2+}$  دارد.  
(ب) در زمان تشکیل رسوب باریوم سولفات غلظت  $\text{Ba}^{2+}$  برابر  $1.0 \times 10^{-8}\text{ M}$  است، بنابراین

$$[\text{Ba}^{2+}][\text{CrO}_4^{2-}] = K_{sp}$$

$$[\text{CrO}_4^{2-}] = \frac{K_{sp}}{[\text{Ba}^{2+}]} = \frac{1.5 \times 10^{-11}}{1.0 \times 10^{-8}} = 1.5 \times 10^{-3}\text{ M}$$

رسوب دادن سولفیدها

۱۸-۲۹ محلولی  $0.30\text{ M}$  نسبت به  $\text{H}^+(\text{aq})$  و  $0.15\text{ M}$  نسبت به  $\text{Ni}^{2+}$  با  $\text{H}_2\text{S}$  سیر شده است. آیا  $\text{NiS}$  رسوب خواهد کرد؟

پاسخ

$$[\text{H}^+]^2[\text{S}^{2-}] = 1.1 \times 10^{-22}$$

$$(0.3)^2[\text{S}^{2-}] = 1.1 \times 10^{-22}$$

$$[\text{S}^{2-}] = 1.2 \times 10^{-21}\text{ M}$$

$$K_{i.p} = [\text{Ni}^{2+}][\text{S}^{2-}] = (0.15)(1.2 \times 10^{-21}) = 1.8 \times 10^{-22}$$

چون حاصلضرب یونی کمتر از حاصلضرب انحلال‌پذیری  $K_{sp} = 3 \times 10^{-21}$  می‌باشد پس  $\text{NiS}$  رسوب نمی‌کند.



۱۸-۳۰ محلولی  $0.25M$  نسبت به  $H^+(aq)$  و  $0.10M$  نسبت به  $Co^{2+}$  با  $H_2S$  سیر شده است. آیا  $CoS$  رسوب خواهد کرد؟

پاسخ

$$[H^+][S^{2-}] = 1.1 \times 10^{-22}$$

$$(0.25)^2[S^{2-}] = 1.1 \times 10^{-22}$$

$$[S^{2-}] = 1.8 \times 10^{-21} M$$

$$K_{sp} = [Co^{2+}][S^{2-}] = (0.1)(1.8 \times 10^{-21})$$

$$1.8 \times 10^{-22} < K_{sp} = 5 \times 10^{-22}$$

بنابراین،  $CoS$  رسوب نمی‌کند.

۱۸-۳۱ کمترین غلظتی از  $H^+(aq)$  که باید در یک محلول  $0.25M$   $Mn^{2+}$  وجود داشته باشد تا هنگام سیر شدن این محلول با  $H_2S$  مانع از رسوب  $MnS$  شود، چقدر است؟

پاسخ

$$[Mn^{2+}][S^{2-}] = K_{sp}$$

$$(0.25)[S^{2-}] = 7 \times 10^{-16} \Rightarrow [S^{2-}] = 2.8 \times 10^{-15} M$$

$$[H^+][S^{2-}] = 1.1 \times 10^{-22}$$

$$[H^+](2.8 \times 10^{-15}) = 1.1 \times 10^{-22}$$

$$[H^+] = 4 \times 10^{-8} M$$

۱۸-۳۲ کمترین غلظتی از  $H^+(aq)$  که باید در یک محلول  $0.50M$   $Zn^{2+}$  وجود داشته باشد تا هنگام سیر شدن این محلول با  $H_2S$  مانع از رسوب  $ZnS$  شود، چقدر است؟

پاسخ

$$[Zn^{2+}][S^{2-}] = K_{sp}$$

$$[S^{2-}] = \frac{K_{sp}}{[Zn^{2+}]} = \frac{2.5 \times 10^{-22}}{0.5} = 5.0 \times 10^{-22} M$$

$$[H^+](5.0 \times 10^{-22}) = 1.1 \times 10^{-22} \Rightarrow [H^+] = 0.22 M$$

۱۸-۳۳ چه غلظتی از  $H^+(aq)$  باید در یک محلول  $0.20M$   $Ni^{2+}$  و  $0.20M$   $Cd^{2+}$  وجود داشته باشد تا هنگامی که این محلول با گاز  $H_2S$  سیر می‌شود، حداکثر مقدار ممکن  $CdS$  رسوب کند اما در هیچ مرحله‌ای رسوب  $NiS$  تشکیل نشود؟

پاسخ

$$[Ni^{2+}][S^{2-}] = K_{sp}$$

$$[S^{2-}] = \frac{K_{sp}}{[Ni^{2+}]} = \frac{2,7 \times 10^{-21}}{0,2} = 1,35 \times 10^{-20} M$$

$S^{2-}$  بایستی کمتر از  $1,35 \times 10^{-20} M$  باشد تا از رسوب NiS جلوگیری به عمل آید.

$$[H^+](1,35 \times 10^{-20}) = 1,1 \times 10^{-22}$$

$$[H^+] = 0,086 M$$

۱۸-۳۴ چه غلظتی از  $H^+(aq)$  باید در یک محلول  $Pb^{2+}$   $0,20 M$  و  $Zn^{2+}$   $0,20 M$  وجود داشته باشد تا هنگامی که این محلول با گاز  $H_2S$  سیر می‌شود، حداکثر مقدار ممکن  $PbS$  رسوب کند اما در هیچ مرحله‌ای رسوب  $ZnS$  تشکیل نشود؟

پاسخ

$$[Zn^{2+}][S^{2-}] = 2,7 \times 10^{-22}$$

$$[S^{2-}] = \frac{2,7 \times 10^{-22}}{0,2} = 1,35 \times 10^{-21} M$$

مقدار بیشینه  $S^{2-}$  برای عدم تشکیل رسوب  $ZnS$ .

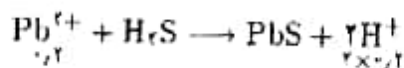
حداقل غلظت

$$[H^+]^2(1,35 \times 10^{-21}) = 1,1 \times 10^{-22}$$

$$[H^+] = 0,30 M$$

۱۸-۳۵ محلولی  $0,20 M$  نسبت به  $H^+(aq)$  و  $0,20 M$  نسبت به  $Pb^{2+}(aq)$  با گاز  $H_2S$  سیر شده است. پس از تشکیل رسوب  $PbS$  چه غلظتی از  $Pb^{2+}(aq)$  در محلول باقی می‌ماند؟ توجه داشته باشید که علت افزایش قدرت اسیدی ناشی از این رسوب‌گذاری را نیز به حساب آورید.  $K_{sp}$  برای  $PbS$  را  $0,7 \times 10^{-28}$  در نظر بگیرید.

پاسخ



رسوب  $PbS$  باعث افزایش  $0,4 mol/L$   $H^+$  خواهد شد.

$$[H^+] = 0,2 M + 0,4 M = 0,6 M$$

$$[S^{2-}] = \frac{1,1 \times 10^{-22}}{[H^+]^2} = \frac{1,1 \times 10^{-22}}{(0,6)^2}$$

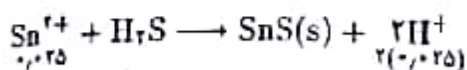
$$= 3,1 \times 10^{-22} M$$

$$[Pb^{2+}] = \frac{K_{SP}}{[S^{2-}]} = \frac{7,0 \times 10^{-29}}{3,1 \times 10^{-22}}$$

$$= 2,3 \times 10^{-7} M$$

۱۸-۳۶ محلول  $0,10 M$  نسبت به  $H^+(aq)$  و  $0,25 M$  نسبت به  $Sn^{2+}(aq)$  با گاز  $H_2S$  سیر شده است. پس از تشکیل رسوب  $SnS$  چه غلظتی از  $Sn^{2+}(aq)$  در محلول باقی می ماند؟ توجه داشته باشید که علت افزایش قدرت اسیدی ناشی از این رسوبگذاری را نیز به حساب آورید.  $K_{SP}$  برای  $SnS$  را  $1,0 \times 10^{-26}$  در نظر بگیرید.

پاسخ



رسوب  $SnS$  باعث افزایش  $0,050 \text{ mol } H^+ / l$  در محلول خواهد شد.

$$[H^+] = 0,10 M + 0,050 M = 0,150 M$$

$$[S^{2-}] = \frac{1,1 \times 10^{-22}}{[H^+]^2} = \frac{1,1 \times 10^{-22}}{(0,150)^2}$$

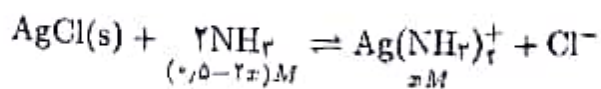
$$= 3,1 \times 10^{-20} M$$

$$[Sn^{2+}] = \frac{1,0 \times 10^{-26}}{3,1 \times 10^{-20}} = 3,2 \times 10^{-7} M$$

یون های کمپلکس

۱۸-۳۷ انحلال پذیری مولی ترکیب های زیر را با هم مقایسه کنید: (الف)  $AgCl$ ؛ (ب)  $AgBr$ ؛ و (ج)  $AgI$  در محلول  $0,50 M NH_3$ .

پاسخ (الف)



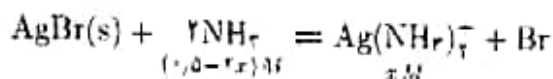
$$K = \frac{[Ag(NH_3)_2^+][Cl^-]}{[NH_3]^2} = \frac{K_{SP}}{K_{inst}}$$

$$= \frac{1,7 \times 10^{-10}}{6,0 \times 10^{-8}} = 2,8 \times 10^{-3}$$

$$\frac{x^2}{0.05 - 2x} = 2.8 \times 10^{-7}$$

$$x = 2.4 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

(ب)



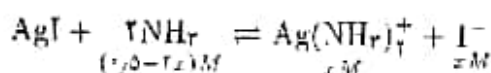
$$K = \frac{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+][\text{Br}^-]}{[\text{NH}_3]^2} = \frac{K_{\text{SP}}}{K_{\text{inst}}}$$

$$= \frac{5 \times 10^{-13}}{6.7 \times 10^{-8}} = 7.5 \times 10^{-6}$$

$$\frac{x^2}{0.05 - 2x} = 7.5 \times 10^{-6}$$

$$x = 1.9 \times 10^{-3} \text{ mol AgBr/L}$$

(ج)



$$K = \frac{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+][\text{I}^-]}{[\text{NH}_3]^2} = \frac{K_{\text{SP}}}{K_{\text{inst}}}$$

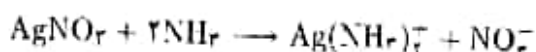
$$= \frac{8.5 \times 10^{-17}}{6.7 \times 10^{-8}} = 1.3 \times 10^{-9}$$

$$\frac{x^2}{0.05 - 2x} = 1.3 \times 10^{-9}$$

$$x = 1.9 \times 10^{-5} \text{ mol AgI/L}$$

۱۸-۳۸ یک محلول  $0.10M$   $\text{AgNO}_3$  نسبت به  $\text{NH}_3$   $0.05M$  شده و در نتیجه کمپلکس  $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$  تشکیل شده است. در صورتی که  $\text{NaCl}$  کافی اضافه کنیم تا محلول نسبت به  $\text{Cl}^-$   $0.10M$  شود آیا رسوب  $\text{AgCl}$  تشکیل خواهد شد؟

پاسخ



$$0.10M \quad 0.05M$$

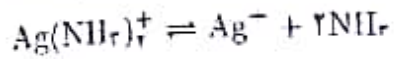
غلظت در شروع آزمایش

واکنش کاملاً به سمت راست

$$- \quad (0.05 - 2 \times 0.10)M \quad 0.10M$$

بنابراین، با افزایش  $0.1 \text{ Ag}^+$   $0.2 \text{ mol Ag(NH}_3)_2^+$

$$[\text{NH}_3] = 0.5 - 0.2 = 0.3 \text{ M}$$



$$K_{\text{inst.}} = 6.0 \times 10^{-8}$$

$$K = \frac{[\text{Ag}^+][\text{NH}_3]^2}{[\text{Ag(NH}_3)_2^+]}, \frac{[\text{Ag}^+](0.3)^2}{(0.1)} = 6.0 \times 10^{-8}$$

$$[\text{Ag}^+] = 2.6 \times 10^{-9} \text{ M}$$

$$K_{\text{i.p.}} = (2.6 \times 10^{-9})(0.1)$$

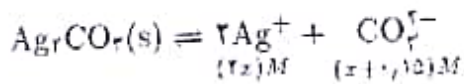
$$= 2.6 \times 10^{-10} < K_{\text{SP}} = 1.7 \times 10^{-10}$$

چون حاصلضرب یونی کمتر از حاصلضرب انحلال پذیری است، بنابراین  $\text{AgCl}$  رسوب نمی‌کند.

مسئله‌های طبقه‌بندی نشده

۳۹-۱۸ در  $150 \text{ mL}$  محلول  $0.15 \text{ M}$  از  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  چند مول  $\text{Ag}_2\text{CO}_3$  حل خواهد شد؟

پاسخ



$$[\text{Ag}^+]^2[\text{CO}_3^{2-}] = K_{\text{SP}}$$

$$(2x)^2(x + 0.15) = 8.2 \times 10^{-12}$$

$$x = [\text{Ag}^+] = 7.4 \times 10^{-6} \text{ M}$$

$$\text{Ag}_2\text{CO}_3 = \frac{7.4 \times 10^{-6}}{2} \text{ mol/L}$$

$$? \text{ mol Ag}_2\text{CO}_3 = 150 \text{ mL} \left( \frac{3.7 \times 10^{-6} \text{ mol Ag}_2\text{CO}_3}{1000 \text{ mL}} \right)$$

$$= 5.6 \times 10^{-7} \text{ mol Ag}_2\text{CO}_3$$

۳۰-۱۸  $\text{pH}$  محلول سیرشده‌ای از یک هیدروکسید با انحلال‌پذیری ناچیز،  $\text{M(OH)}_2$  برابر  $9.53$  است.  $K_{\text{SP}}$  برابر  $\text{M(OH)}_2$  چقدر است؟

پاسخ

$$\text{pH} = 9.53, [\text{OH}^-] = 3.4 \times 10^{-5} \text{ M}$$



$$[M^{2+}] = \frac{[OH^-]}{2} = \frac{3,4 \times 10^{-5} M}{2} = 1,7 \times 10^{-5} M$$

$$K_{sp} = [M^{2+}][OH^-]^2 = (1,7 \times 10^{-5})(3,4 \times 10^{-5})^2 = 2 \times 10^{-14}$$

۴۱-۱۸ محلولی از اختلاط ۱۰ mL از  $CaCl_2$ ،  $0,50 M$  و ۱۰ mL از محلولی که نسبت به  $NH_4^+$  و  $0,50 M$  و نسبت به  $NH_4^+$  می باشد تهیه شده است. آیا  $Ca(OH)_2$  رسوب خواهد کرد؟

پاسخ چون حجم محلول دو برابر می شود پس غلظت های  $NH_4^+$ ،  $NH_3$ ،  $Ca^{2+}$  نصف می گردد.

$$\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]} = \frac{(0,25)[OH^-]}{(0,25)} = 1,8 \times 10^{-5} = K_b$$

$$[OH^-] = 1,8 \times 10^{-1} M$$

$$K_{i,p} = [Ca^{2+}][OH^-]^2 = (0,25)(1,8 \times 10^{-2})^2 = 8,1 \times 10^{-9}$$

چون حاصلضرب یونی کمتر از حاصلضرب انحلال پذیری ( $1,3 \times 10^{-6}$ ) است، در نتیجه رسوب تشکیل نمی شود.

۴۲-۱۸ محلولی که نسبت به  $H^+(aq)$   $0,50 M$  و  $0,30 M$  نسبت به  $Cd^{2+}$  است با  $H_2S$  سیر شده است. آیا  $CdS$  رسوب خواهد کرد؟

پاسخ

$$[S^{2-}][H^+]^2 = 1,1 \times 10^{-22}$$

$$[S^{2-}] = \frac{1,1 \times 10^{-22}}{(0,50)^2} = 4,4 \times 10^{-22}$$

$$K_{i,p} = [Cd^{2+}][S^{2-}] = (0,30)(4,4 \times 10^{-22}) = 1,3 \times 10^{-22}$$

چون حاصلضرب یونی بزرگتر از حاصلضرب انحلال پذیری می باشد پس  $CdS$  رسوب می کند.

۴۳-۱۸ محلولی که نسبت به  $H^+(aq)$   $0,10 M$ ، نسبت به  $Cu^{2+}(aq)$   $0,30 M$  و نسبت به  $Fe^{2+}(aq)$   $0,30 M$  است با  $H_2S$  سیر شده است. غلظت  $H^+(aq)$ ،  $S^{2-}(aq)$ ،  $Cu^{2+}(aq)$  و  $Fe^{2+}(aq)$  را محاسبه کنید. توجه داشته باشید که هرگونه افزایش قدرت اسیدی ناشی از رسوب کردن سولفید را نیز به حساب آورید.  $K_{sp}$  برای  $CuS$  را  $0,8 \times 10^{-27}$  و برای  $FeS$  را  $4,0 \times 10^{-19}$  در نظر بگیرید.

$$1,1 \times 10^{-22} [H^+][S^{2-}] = 1,1 \times 10^{-22} \quad S^{2-} [H^+] \text{ در مقدار}$$

$$K_{i,p} = [M^{2+}][S^{2-}] = (0,3)(1,1 \times 10^{-22}) = 3,3 \times 10^{-23}$$

چون حاصلضرب یونی کمتر از حاصلضرب انحلال پذیری FeS و بزرگتر از حاصلضرب انحلال پذیری CuS است، رسوب CuS تشکیل خواهد شد. افزایش  $H^+$  حاصل از تشکیل رسوب باعث کاهش  $[S^{2-}]$  و در نتیجه کاهش حاصلضرب یونی خواهد شد و رسوب FeS تشکیل نخواهد شد. افزایش  $H^+$  حاصل از رسوب گذاری CuS، دو برابر مقدار اولیه  $Cu^{2+}$  است، در نتیجه، غلظت کل  $H^+$  برابر است با:

$$[H^+] = 0.1 + 2(0.3) = 0.70 M$$

$$[H^+]^2 [S^{2-}] = 1.1 \times 10^{-22}$$

$$[S^{2-}] = \frac{1.1 \times 10^{-22}}{(0.7)^2} = 2.2 \times 10^{-22} M$$

$$[Cu^{2+}][S^{2-}] = K_{sp}$$

$$[Cu^{2+}] = \frac{4.7 \times 10^{-27}}{2.2 \times 10^{-22}} = 2.1 \times 10^{-5} M$$

بنابراین،

$$[H^+] = 0.70 M$$

$$[S^{2-}] = 2.2 \times 10^{-22} M$$

$$[Cu^{2+}] = 2.1 \times 10^{-5} M$$

سرانجام،

$$[Fe^{2+}] = 0.3 M$$

خواهد شد.