

Theme 溶解度積に関する問題 佐賀大学 (2013 理工)

必要があれば, 原子量および定数は以下の値を使うこと。 $H=1.0$, $O=16$, $Ca=40$

弱酸の塩に関する以下の問いに答えなさい。計算において, 数値は有効数字 2 桁で答えなさい。
計算問題においては, 計算式も記述しなさい。

- (1) 炭酸水素ナトリウムの熱分解で生成する二酸化炭素を検出するために石灰水(飽和水酸化カルシウム水溶液)を使用する。ただし, 水酸化カルシウムは 25°C の水1Lに1.48g溶ける。
問に答えなさい。

問 溶解した水酸化カルシウムは電離しており,



の溶解平衡が成立している。平衡時のカルシウムイオンの濃度 $[\text{Ca}^{2+}]$ [mol/L]および水酸化物イオンの濃度 $[\text{OH}^{-}]$ [mol/L]を使って, 水酸化カルシウムの溶解度積は

$$K_{\text{sp}} = [\text{Ca}^{2+}][\text{OH}^{-}]^2 (\text{mol/L})^3$$

と表せる。 25°C の溶解度積の値を計算し, 答えなさい。

解答

次の文章を読み、下の問いに答えよ。ただし、温度はすべて一定であるものとする。
塩化銀は水にごくわずかに溶けて飽和水溶液となる。溶解した塩化銀は電離して、次の式(a)で表わされる「溶解平衡」とよばれる平衡が成り立つ。



このとき、銀イオンと塩化物イオンの濃度をそれぞれ $[\text{Ag}^+]$ 、 $[\text{Cl}^-]$ とすると、 $[\text{Ag}^+]$ と $[\text{Cl}^-]$ の積は温度が一定ならば一定値となり、次の式(b)が成り立つ。

$$[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = K_{\text{sp}} \cdots \cdots (\text{b})$$

K_{sp} を塩化銀の「溶解度積」という。

- (1) 塩化銀を純水に溶かした飽和水溶液がある。次の問いに答えよ。数値は有効数字2桁で求め、単位を付して記せ。
- この塩化銀の飽和水溶液中の銀イオン濃度は $1.3 \times 10^{-5} (\text{mol/L})$ であった。このとき、式(b)における K_{sp} を求めよ。
 - この飽和水溶液に、塩化水素ガスを通じた。このとき溶液内で起こる変化を簡潔に記せ。また、この変化が起こる理由を60字以内で記せ。
 - 塩化水素ガスを通じて平衡に達した後の溶液内の塩化物イオンの濃度は 0.0020mol/L であった。このときの溶液中の銀イオンの濃度を求めよ。
- (2) 溶解平衡は塩化銀だけでなく硫化銅(Ⅱ)や硫化亜鉛についても成り立つ。次の問いに答えよ。
- 硫化銅(Ⅱ)の飽和水溶液中の溶解平衡の反応式を式(a)にならって記せ。
 - 0.020mol/L の濃度の銅(Ⅱ)イオンを含む希塩酸水溶液と 0.50mol/L の濃度の亜鉛イオンを含む希塩酸水溶液がある。これらの水溶液に硫化水素ガスを通じた。このとき銅(Ⅱ)イオンを含む水溶液では硫化銅(Ⅱ)の沈殿が析出したが、亜鉛イオンを含む水溶液では沈殿は析出しなかった。どちらの水溶液も、硫化水素の電離によって生じた硫化物イオンの濃度は $3.0 \times 10^{-23} \text{mol/L}$ に保たれているものとする。下の①～④のうち、硫化銅(Ⅱ)と硫化亜鉛の溶解度積の適切な組み合わせを示しているものはどれか。正しいものを一つ選べ。また、選んだ理由を簡潔に記せ。
- 硫化銅： $6.0 \times 10^{-18} (\text{mol/L})^2$ ，硫化亜鉛： $4.2 \times 10^{-30} (\text{mol/L})^2$
 - 硫化銅： $2.8 \times 10^{-24} (\text{mol/L})^2$ ，硫化亜鉛： $5.3 \times 10^{-15} (\text{mol/L})^2$
 - 硫化銅： $6.5 \times 10^{-30} (\text{mol/L})^2$ ，硫化亜鉛： $2.2 \times 10^{-18} (\text{mol/L})^2$
 - 硫化銅： $3.0 \times 10^{-35} (\text{mol/L})^2$ ，硫化亜鉛： $1.5 \times 10^{-24} (\text{mol/L})^2$

解答

- 問 バリウムイオンとカルシウムイオンをともに含む水溶液がある。この水溶液に含まれるバリウムイオンとカルシウムイオンの濃度は、いずれも $1.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ である。この水溶液に硫酸ナトリウムを少しずつ加えて溶かしていく。次の(1)と(2)に答えよ。ただし、硫酸バリウムの溶解度積は $1.00 \times 10^{-10} (\text{mol/L})^2$ 、硫酸カルシウムの溶解度積は $1.00 \times 10^{-5} (\text{mol/L})^2$ とする。また、硫酸ナトリウムを加えていくとき、および沈殿が生じることによる水溶液の温度変化と体積変化は無視できるものとする。
- (1) 硫酸バリウムが沈殿し始めるときの、溶液中の硫酸イオンの濃度はいくらか。
所定の欄に計算過程を示し、有効数字2桁で答えよ。
- (2) 硫酸カルシウムが沈殿し始めるときの、溶液中のバリウムイオンの濃度はいくらか。
所定の欄に計算過程を示し、有効数字2桁で答えよ。

解答

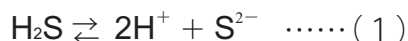
①塩化銀は、 25°C の純粋な水に $1.3 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ まで溶ける。溶けた塩化銀は水中でほぼ完全に電離しており、溶解平衡が成り立つ。飽和水溶液では温度が一定ならば、水溶液中の銀イオンの濃度と塩化物イオンの濃度の積は一定値になる。この一定値を溶解度積という。

問 1.0Lの塩化銀飽和水溶液に、 $2.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ の塩酸1.0Lを混合してよくかくはんした。
下線部①の条件が成り立つとき、水溶液中に銀イオンは何 mol/L 溶けているか求めなさい。
計算の過程も示し、有効数字2けたで答えなさい。ただし、溶液の温度は全て 25°C とし、
混合後の塩化物イオンの濃度は塩酸の濃度と等しいものとする。

解答

Theme 溶解度積に関する問題 大阪教育大学 (2012 教育 1 部)

亜鉛(Ⅱ)イオンを含む水溶液がある。この水溶液に硫化水素を飽和するまで通じた。
なお、実験は25℃で行い、硫化水素は水に溶けて(1)式のように電離し、電離定数 K は(2)式のように表されるものとする。さらに、硫化水素の溶解による溶液の体積変化はないものとする。
また、この温度における硫化亜鉛(Ⅱ)の溶解度積は $2.2 \times 10^{-18} (\text{mol/L})^2$ である。ここで、硫化亜鉛(Ⅱ)の溶解度積とは、その飽和水溶液中の亜鉛(Ⅱ)イオンの濃度と硫化物イオンの濃度の積のことである。水溶液中の亜鉛(Ⅱ)イオンの濃度と硫化物イオンの濃度の積 $[\text{Zn}^{2+}][\text{S}^{2-}]$ の計算値が、溶解度積の値よりも小さい場合には硫化亜鉛(Ⅱ)の沈殿が生じない。



$$K = \frac{[\text{H}^+]^2[\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} = 1.2 \times 10^{-21} [(\text{mol/L})^2] \quad \cdots \cdots (2)$$

- 問1 硫化水素の飽和水溶液の濃度は $1.0 \times 10^{-1} \text{mol/L}$ であり、この水溶液の水素イオン濃度は $1.0 \times 10^{-2} \text{mol/L}$ に調整されているものとする。このときの硫化物イオンの濃度を有効数字2桁で求めよ。
- 問2 亜鉛(Ⅱ)イオンの濃度が $1.0 \times 10^{-2} \text{mol/L}$ の水溶液に、硫化水素を飽和するまで通じた。この水溶液に硫化亜鉛(Ⅱ)の沈殿が生じないものとして、 $[\text{Zn}^{2+}][\text{S}^{2-}]$ の値を有効数字2桁で求めよ。ただし、この水溶液の水素イオン濃度は $1.0 \times 10^{-2} \text{mol/L}$ に調整されているものとし、硫化水素の濃度は $1.0 \times 10^{-1} \text{mol/L}$ とする。
- 問3 問2の計算結果から、この水溶液中には硫化亜鉛(Ⅱ)が実際に沈殿しているかどうか、答えよ。

解答

Theme 溶解度積に関する問題 筑波大学 (2013 生命環境 理工 情報 医)改

計算に必要ならば, 次の数値を用いよ。原子量: $\text{O}=16.0$, $\text{S}=32.1$, $\text{Cu}=63.5$,

0.10g の $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ を水に溶解し, 全体を 0.50L にした。その水溶液に塩化バリウム水溶液を少しずつ加えていったところ, 溶液中のバリウムイオンのモル濃度がある値 $X[\text{mol/L}]$ を超えたところで硫酸バリウムが析出し始めた。 X を有効数字2桁(けた)で求めよ。

ただし, 硫酸バリウムの飽和水溶液中に存在するバリウムイオンのモル濃度と硫酸イオンのモル濃度の積(溶解度積)は一定であり, この実験条件における溶解度積は $9.1 \times 10^{-11} (\text{mol/L})^2$ とする。

また, 塩化バリウム水溶液を加えたことによる溶液の体積変化は無視できるものとする。

解答

Theme 溶解度積に関する問題 島根大学 (2009 総合理工)

固体の塩化銀は水に溶けにくい、次式の溶解平衡式のように、ごくわずかが溶けている。



そのため、塩化銀の飽和水溶液では、温度が一定であれば水溶液中の銀イオン濃度 $[\text{Ag}^+]$ と塩化物イオン濃度 $[\text{Cl}^-]$ の積は次式のように一定になる。

$$[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = K_{\text{AgCl}} (\text{一定})$$

この K_{AgCl} を塩化銀の溶解度積という。また、臭化銀、ヨウ化銀も塩化銀と同様に水にわずかしかならず、塩化銀、臭化銀、ヨウ化銀の溶解度積は、それぞれ $K_{\text{AgCl}} = 1 \times 10^{-10} (\text{mol/L})^2$

$K_{\text{AgBr}} = 4 \times 10^{-13} (\text{mol/L})^2$, $K_{\text{AgI}} = 1 \times 10^{-16} (\text{mol/L})^2$ となる。

(a) 塩化銀は、水よりも塩化ナトリウム水溶液に溶けにくい。一方、塩化銀は、水よりもアンモニア水によく溶ける。

また、固体の塩化銀に光を当てると分解する。このようなハロゲン化銀の感光性は写真などに利用されている。

問1 塩化銀の飽和水溶液中の塩化物イオンの濃度を求めよ。また、その計算の過程も示せ。

問2 塩化銀、臭化銀、ヨウ化銀の中から、水への溶解度 $[\text{mol/L}]$ が最も小さいものを選び、化学式で答えよ。また、その理由を説明せよ。

問3 下線部(a)の理由を説明せよ。

解答

Theme 溶解度積に関する問題 東北大学 (2009 後期 理)① 一部改

計算のために必要な場合には, 以下の数値を使用せよ。 原子量 $\text{Cl}=35.5$, $\text{Ag}=107.9$

① フッ素以外のハロゲンイオンを含む水溶液に硝酸銀水溶液を加えると, 難溶性塩であるハロゲン化銀が沈殿する。 このハロゲン化銀は光によって黒くなる性質があり, 写真の感光剤に利用されている。

問 下線部①について, 以下の問いに答えよ。ただし, 25°C における塩化銀の溶解度積 K_{sp} を $1.8 \times 10^{-10} (\text{mol/L})^2$ とする。

- (1) 25°C において $1.0 \times 10^{-2} \text{mol/L}$ 塩酸100mL中に塩化銀は何g溶解するか, 有効数字2桁(けた)で求めよ。ただし, 塩化銀の溶解による体積変化は無視できるものとし, 溶解度の大きさは 10^{-2}mol/L より十分小さいものとする。
- (2) 25°C において $2.8 \times 10^{-5} \text{mol/L}$ 塩化ナトリウム水溶液10mLに $2.0 \times 10^{-4} \text{mol/L}$ の硝酸銀水溶液を10mL加えた。塩化銀は何g沈殿するか, 有効数字2桁で求めよ。

解答

Theme 溶解度積に関する問題 徳島大学 (2012 歯 薬 工)

次の文章を読み, 下の問いに答えよ。数値は特に指示のない限り有効数字 3 桁で表せ。

ハロゲン化物の塩は水に溶けやすいものが多い。しかし, 銀塩は水に溶けにくい。たとえば, 塩化銀 AgCl を水に溶かして飽和溶液を調製するとき, AgCl の溶解度積 K_{sp} を $1.00 \times 10^{-10} (\text{mol/L})^2$ とすると, この水溶液中の銀イオン Ag^+ の濃度は ア mol/L となる。この水溶液に, 溶解後の濃度が 0.100mol/L に相当する量の塩化カリウム KCl を溶かしたとき, KCl 添加による水溶液の体積変化が無視できるならば, AgCl の イ 色沈殿が生成し, Ag^+ の濃度は ウ mol/L にまで減少する。このような KCl の効果を エ 効果という。

問 問題文中の ア ～ エ に当てはまる適切な語句あるいは数値をそれぞれ答えよ。

解答

Theme 溶解度積に関する問題 和歌山大学 (2010 教育) 一部略

0.1mol/Lの鉛(Ⅱ)イオン, 0.1mol/Lの銅(Ⅱ)イオン, 0.1mol/Lの鉄(Ⅲ)イオンを含む混合水溶から, それぞれの金属イオンを分離する操作を行った。以下の問いに答えなさい。計算問題の答えは, 四捨五入して有効数字2桁で答えなさい。

混合水溶液に希塩酸を加えると白色沈殿が生成したので, これをろ過した。ろ紙上の沈殿物を集めて熱水に溶かし, クロム酸カリウム水溶液を加えると黄色沈殿が生じた。ろ液に硫化水素を通じると(1) 黒色の沈殿が生成したので, これをろ過した。

問 下線部(1)の反応のイオン反応式を書きなさい。また, 黒色沈殿が生じ始めるときの溶液中の硫化物イオンのモル濃度を計算しなさい。黒色沈殿の溶解度積は $6.5 \times 10^{-30} (\text{mol/L})^2$ とする。解答欄に計算式も書くこと。

解答

Theme 溶解度積に関する問題 愛知教育大学 (2010 前記日程 教育)

塩化銀の溶解に関する次の文章を読み, 以下の問いに答えよ。

塩化銀の固体を 25°C で水に溶解させ, 平衡に到達させたところ, 溶け残った塩化銀の固体が共存する水溶液が得られた。この水溶液 50mL に溶解した塩化銀の物質量が $6.7 \times 10^{-7}\text{mol}$ であったとする。

- 問1 塩化銀の溶解平衡を化学反応式で記せ。
- 問2 溶解度積 K_{s} は水溶液に溶解している物質(分子やイオン)のモル濃度で表すことができる。塩化銀の溶解度積 K_{s} はどのように表されるか。
- 問3 塩化銀水溶液の銀イオンのモル濃度を計算せよ。
- 問4 塩化銀の溶解度積 K_{s} の値を計算せよ。
- 問5 この実験において, 水の代わりに 0.1mol/L の硝酸銀水溶液を用いると, 溶けた塩化銀の濃度は何 mol/L になるか。計算の経過も記せ。また, ルシャトリエの原理の観点から, この溶解度に関する現象を説明せよ。

解答

Theme 溶解度積に関する問題 横浜国立大学 (2009 後期日程 工 一部改)

塩の飽和水溶液中の陽イオンと陰イオンのモル濃度の積はイオン積と呼ばれ, 一定温度で一定の値を示す。したがって, ①塩を構成するイオンのうち片方の濃度が変化すると, 塩の溶解度が変化する。

問. 下線部①に関連する次の問いに答えよ。

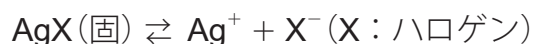
- (1) この現象を説明する原理を提唱した科学者名を記せ。
- (2) 中性の水に対する塩化銀の溶解度を $1.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ とするとき, 塩化銀のイオン積 K_s を求めよ。ただし, 単位は省略してよい。
- (3) 塩化銀の飽和水溶液に塩酸を加えて pH1.00 にすると, 塩化銀の溶解度はいくらになるか求めよ。

解答

Theme 溶解度積に関する問題 岩手大学 (2012 前期日程 工 農)一部改

次の文章を読み, 問に答えよ。(NaClの式量は58.5とする。)

①フッ化銀以外のハロゲン化銀は, 水に対する溶解度が低い塩であり, きわめて少量が水に溶けて飽和水溶液になる。このとき, 水に溶けたハロゲン化銀は完全に電離しており, 固体のハロゲン化銀と銀イオン, ハロゲン化物イオンとの間につぎの溶解平衡が成り立つ。



問. 下線①について, 以下の設問(1)と設問(2)に答えよ。

- (1) 塩化銀の飽和水溶液の濃度を $1.50 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ (25℃)としたとき, 塩化銀の溶解度積 $K_{\text{sp}}(\text{AgCl})$ を有効数字3桁(けた)で求めよ。計算過程および単位も示せ。
- (2) 塩化銀の飽和水溶液1.00Lに塩化ナトリウム0.585gを加え, 25℃で反応させた。この反応が平衡状態に達したとき, 水溶液に残っている銀(I)イオンの濃度を有効数字3桁(けた)で求めよ。計算過程も示せ。ただし, 塩化ナトリウムの溶解ならびに反応にともなう水溶液の体積の変化は無視できるものとする。なお, 塩化銀の溶解度積 $K_{\text{sp}}(\text{AgCl})$ は設問(1)で求めた値を用いよ。

解答

金属イオンの中には陰イオンと反応し、難溶性塩を生成するものがある。たとえば、銀イオンと塩化物イオンからできる塩化銀は難溶性塩で、その溶解度は極めて低い。塩化銀の飽和水溶液中に存在する銀イオンのモル濃度 $[\text{Ag}^+]$ と塩化物イオンのモル濃度 $[\text{Cl}^-]$ の積の値は、温度が一定であれば常に一定となる。この一定値を溶解度積 K_s とよび、 20°C では式(1)となる。また、①溶液中の銀イオンと塩化物イオンのモル濃度の積を K_s と比較すると、沈殿が析出するかどうか分かる。

$$K_s = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = 1.8 \times 10^{-10} (\text{mol/L})^2 \quad \cdots \cdots (1)$$

一方、難溶性塩にアンモニアやシアン化物イオンなどを加えると溶解する場合がある。これは、金属イオンがアンモニア分子などと配位結合して、錯イオンを形成するためである。

問 下線部①に関して、 20°C で $1.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ 塩化銀水溶液と $4.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ 塩化ナトリウム水溶液とを10mLずつとり混合したとき、沈殿が生成するかどうか理由も含めて書け。

解答