

البَابُ العَاشِرُ

«حاصل الذوبانية والترسيب»

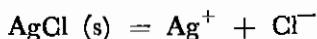
أمثلة محلولة :

مثال (١) :

إذا وجد عملياً عند درجة حرارة الغرفة أن تركيز كلوريد الفضة الذائبة هو $182 \text{ جرام} / \text{لتر}$ ، احسب حاصل ذوبانية كلوريد الفضة .

الحل :

الجزء الجرامي من كلوريد الفضة يزن $143,323 \text{ جرام} = 182 \text{ جرام} \text{ كلوريد فضة} / \text{لتر تكافئ} = 1,27 \times 10^{-5} \text{ جزء} \text{ جرامي كلوريد فضة} / \text{لتر} ،$



$$K_{\text{sp}} = [\text{Ag}^+] [\text{Cl}^-] \quad (\text{حاصل الذوبانية})$$

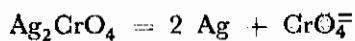
وحيث أن لدينا راسب من كلوريد الفضة في المحلول الذي أسب منه فإن هذا المحلول يكون مركزاً بالنسبة لأيونات الراسب : Ag^+ ، Cl^- ويكون :

$$[\text{Ag}^+] = [\text{Cl}^-] = 1.27 \times 10^{-5} \text{ mole/liter}$$

$$K_{\text{sp}} = [\text{Ag}^+] [\text{Cl}^-] = (1.27 \times 10^{-5})^2 = 1.6 \times 10^{-10}$$

مثال (٢) :

إذا علم أن حاصل ذوبانية كرومات الفضة (Ag_2CrO_4) يساوى 10×10^{-12} احسب ذوبانية كرومات الفضة بالجرام في اللتر .



الحل :

نفرض أن $S =$ عدد الجزيئات الجرامية من كرومات الفضة الذائبة في اللتر من المحلول المركب ، فيكون :

$$[\text{Ag}^+] = 2 \text{ S}$$

$$[\text{CrO}_4^{2-}] = \text{S}$$

$$K_{sp} = [\text{Ag}^+]^2 [\text{CrO}_4^{2-}] = 1 \times 10^{-12}$$

$$\therefore (2\text{S})^2 (\text{S}) = 4\text{S}^3$$

$$\text{S} = (0.25 \times 10^{-12})^{1/3}$$

$$= 6.3 \times 10^{-5} \text{ mole/liter}$$

وحيث أن الجزيء الحراري من كرومات النضة يزن ٣٣٢ جرام فيكون :

$$\text{ذوبانية كرومات النضة} = 6.3 \times 10^{-5} \times 332$$

$$= 0.021 \text{ جرام / لتر}.$$

مثال (٣) :

احسب تركيز أيون الكبريتيد اللازم للبدء ترسيب كبريتيد النحاس من محلول يحتوى على ١٠ جزء جرامي / لتر كلوريد نحاسيك .

الحل :

حاصل ذوبانية كبريتيد النحاس :

$$K_{sp} = [\text{Cu}^{+4}] [\text{S}^-] = 4 \times 10^{-36}$$

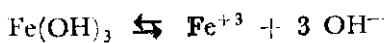
يبدأ كبريتيد النحاس في الترسيب عندما يزيد الحاصل الأيوني في محلول عن حاصل الذوبانية

وحيث أن تركيز النحاس في محلول هو ١٠ جزء جرامي / لتر فإن تركيز أيون الكبريتيد اللازم للبدء الترسيب هو :

$$[\text{S}^-] = \frac{4 \times 10^{-36}}{0.10} = 4 \times 10^{-35} \text{ mole/liter}$$

مثال (٤) :

احسب الرقم الميغريجي في محلول مركز هيدروكسيد الحديديك .



$$[\text{Fe}^{+3}] = \text{S} ; [\text{OH}^-] = 3 \text{ S}$$

ثبتت حاصل ذوبانية هيدروكسيد الحديديك :

$$K_{sp} = [\text{Fe}^{+3}] [\text{OH}^-]^3 = \text{S} \cdot (3 \text{ S})^3$$

$$= 27 \text{ S}^4 = 6 \times 10^{-38}$$

$$\therefore S = (22 \times 10^{-40})^{1/4} = 2.17 \times 10^{-10}$$

$$[OH^-] = 3S = 6.5 \times 10^{-10} M$$

وحيث أن الماء يساهم بتركيز أيونات هيدروكسيد قدره 10^{-7} جزء / لتر فإن هيدروكسيد الحديديك يساهم بأيونات هيدروكسيد أقل بكثير مما يساهم به الماء ويكون تركيز أيونات الهيدروكسيد في المحلول المركز مساو لتركيز أيونات الهيدروكسيد في الماء التي

$$[OH^-] = 1 \times 10^{-7} + 6.5 \times 10^{-10} = 1 \times 10^{-7} M$$

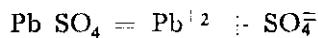
$$pH = -\log 10^{-7} = 7$$

مثال (٥) :

هل من الممكن توسیب كبريتید الرصاص PbS من محلول مركز بكبريتات الرصاص يحتوى على ١ جزء / لتر حمض هيدروكلوريك وذلك عند تركيز المحلول بكبريتيد الهيدروجين ؟

الحل :

يحسب أولاً تركيز أيونات الرصاص في المحلول المركز بكبريتات الرصاص ثم يحسب الحاصل الأيوني لأيون الرصاص وال الكبريتيد عند تركيز المحلول الذي يحتوى على 10^{-10} جزء / لتر حمض هيدروكلوريك بكبريتيد الهيدروجين فإذا زاد الحاصل الأيوني عن حاصل الذوبانية ترسب كبريتيد الرصاص وإذا كان الحاصل الأيوني يقل عن حاصل الذوبانية أن يشاهد راسب :



$$K_{sp} = [Pb^{+2}] [SO_4^{2-}] = S^2 = 1.3 \times 10^{-8}$$

$$(تركيز أيونات الرصاص في المحلول) = 1.14 \times 10^{-4} \text{ mole/liter.}$$

تركيز أيون الكبريتيد في محلول 10^{-10} جزء / لتر مركز بكبريتيد الهيدروجين

هو :

$$[S^-] = K_{12} \frac{[H_2S]}{[H^+]^2} = 1.3 \times 10^{-20} \times \frac{0.1}{0.01} \\ = 1.3 \times 10^{-19} \text{ mole/liter}$$

الحاصل الأيوني في المحلول هو :

$$[Pb^{+2}] [S^-] = 1.14 \times 10^{-4} \times 1.3 \times 10^{-19} = 1.48 \times 10^{-23}$$

وحيث أن الحاصل الأيوني يزيد كثيراً عن ثابت حاصل الذوبانية لكبريتيد الرصاص

$(K_{sp} = 4 \times 10^{-26})$ فإننا سنشاهد حدوث راسب .

مثال (٦) :

إذا فرض أن لدينا محلول ٠٠٥ جزء جرامي / لتر من كلوريد الخارصين $(ZnCl_2)$ أضيف إليه ٢٠ جزء جرامي خلات صوديوم / لتر . ١٠ جزء جرامي حمض خلبيك / لتر لنحصل على محلول منظم : احسب تركيز أيونات الخارصين المتبقية في هذا محلول المنظم بعد تركيزه بكبريتيد الهيدروجين .

الحل :

بحسب أولاً تركيز أيون الهيدروجين في محلول المنظم ثم نحسب تركيز أيون الكبريتيد بعد تركيز محلول بكبريتيد الهيدروجين ومن معلومة ثابت حاصل ذوبانية كبريتيد الخارصين يمكننا حساب تركيز أيونات الخارصين في محلول الذي يتوقف عنده ترسيب كبريتيد الخارصين .

$$[H^+] = K_a \times \frac{[acid]}{[salt]} = 1.8 \times 10^{-5} \times \frac{1.0}{2.0}$$

$$= 0.9 \times 10^{-5} \text{ mole/liter}$$

$$[S^-] = K_{12} \times \frac{[H_2S]}{[H^+]^2} = 1.3 \times 10^{-20} \times \frac{0.1}{0.81 \times 10^{-10}}$$

$$= 1.6 \times 10^{-11} \text{ mole/liter}$$

$$K_{sp} = [Zn^{+2}] [S^-] = 1 \times 10^{-23}$$

$$[Zn^{+2}] = \frac{1 \times 10^{-23}}{1.6 \times 10^{-11}} = 6.2 \times 10^{-13} \text{ mole/liter}$$

أسئلة وتمارين إضافية :

١ - إذا علم أن ذوبانية كبريتات الباريوم هي 2.4×10^{-4} جرام في ١٠٠ مل . وفوسفات القضة هي 8.5×10^{-4} جرام في ١٠٠ مل من محلول .

احسب حاصل الذوبانية لكل مادة .

$$(الجواب : 1.06 \times 10^{-10} . 4.54 \times 10^{-18})$$

٢ - إذا علم أن حاصل ذوبانية يوديد الرصاص (PbI_2) وكبريتيد الزئنيك (HgS) تساوى $8.3 \times 10^{-9} . 1.0 \times 10^{-50}$ على التوالي ، احسب الذوبانية بالجزء الجرامي لكل مادة .

$$(الجواب : 1.31 \times 10^{-27} \text{ جرام} . 1.0 \times 10^{-27} \text{ جرام})$$

- ٣ - احسب تركيز أيون الكبريتيد اللازم لبدء ترسيب كبريتيد الزرموت Bi_2S_3 من محلول يحتوى على 10^{-3} جزء/لترات نترات زرموت Bi_2S_3 في المتر .
 (الجواب : $1 \times 10^{-10} \text{ جزء/لتر}$)
- ٤ - إذا علم أن حاصل ذوبانية كبريتات وأكسالات الكالسيوم هي 2.4×10^{-5} و 1.3×10^{-3} على التوالي ، احسب تركيز أيون الأكسالات اللازم لبدء ترسيب الكالسيوم من محلول مركز بكبريتات الكالسيوم .
 (الجواب : 4.08×10^{-7} جزء/لتر)
- ٥ - إذا علم أن حاصل ذوبانية كرومات الرصاص والباريوم هي 2.0×10^{-12} و $1.0 \times 10^{-8.5}$ على التوالي ، وإذا أضيف محلول كرومات البوتاسيوم ببطء إلى محلول يحتوى المتر منه 2.0×10^{-2} جزء/لترات رصاص + 10^{-2} جزء/لترات باريوم . ما هو الأيون الذي يتربس أولاً ؟ احسب التركيز الذي يبدأ عنده الأيون الثاني في الترسيب .
 (الجواب : Pb^{2+} يتربس أولاً ، التركيز 2×10^{-6} جزء/لتر كرومات بوتاسيوم / لتر) .
- ٦ - أراد كيماي تحليل الكالسيوم بترسيبيه على هيئة أكسالات . وإذا كانت العينة تحتوى على مجم Ca^{2+} في 250 مل من محلول وأن أكسالات الأمونيوم قد أضيفت حتى أصبح تركيز أيون الأكسالات في محلول 5.0×10^{-2} جزء/لتر . احسب النسبة المئوية لأيونات الأكسالات التي لم ترسب وبقيت في محلول .
 (الجواب : $8 \times 10^{-5}\%$)
- ٧ - احسب تركيز هيدروكسيد الأمونيوم اللازم لبدء ترسيب هيدروكسيد المغسيوم $\text{Mg}(\text{OH})_2$ من محلول يحتوى 10^{-2} مول Mg^{2+} / لتر . 10^{-2} مول نترات أمونيوم / لتر علماً بأن حاصل ذوبانية هيدروكسيد المغسيوم = 8.9×10^{-12} .
 (الجواب : 124×10^{-2} جزء/لتر)
- ٨ - احسب الرقم الميذروجيني اللازم لترسيب كبريتيد الكادميوم (CdS) دون البدء في ترسيب كبريتيد المخارصين (ZnS) في محلول يحتوى على 0.02 مول / لتر من كل من أيونات الكادميوم والمخارصين . ثم أوجد تركيز الكادميوم المتبقى في محلول عند البدء في ترسيب حاصل ذوبانية كبريتيد الكادميوم والمخارصين تساوى 6×10^{-7} و 1×10^{-22} على التوالي :
 (الجواب : الرقم الميذروجيني = 21×10^{-2} . تركيز الكادميوم = 2×10^{-7} مول / لتر)
 مسائل محلولة في الكيمياء

٩ - احسب الحاد الأدنى للرقم الميذروجي الذي يضمن ترسيب الكوبالت من محلول مرکز بغاز كبريتيد الهيدروجين ويحتوى على $4 \text{ مول } \text{ClO}_4^- / \text{لتر}$. ثوابت تأين كبريتيد الهيدروجين $K_1 = 1.0 \times 10^{-13}$ ، $K_2 = 1.3 \times 10^{-7}$ وحاصل ذوبانية كبريتيد الكوبالت 10^{-10} .

(الجواب : ١.٩٤)

١٠ - اشرح بالتفصيل إمكانية حدوث راسب تحت الظروف المبينة في كل حالة من الحالات التالية :

(أ) إذا أضيف ١٠٠ جرام من نترات الرصاص إلى ١٠٠ مل من محلول يحتوى على ٠٠١ جزء جرامي حمض هيدروكلوريك / لتر ، علماً بأن حاصل ذوبانية كلوريد الرصاص $= 1.6 \times 10^{-5}$.

(ب) إذا أضيف ١٠٠ مل من محلول يحتوى على ١٠٠ جزء جرامي هيدروكسيد صوديوم / لتر إلى ١ لتر من محلول يحتوى على ١٠٠ جزء جرامي نترات مغnesia / لتر علماً بأن حاصل ذوبانية هيدروكسيد المغnesia $= 8.9 \times 10^{-12}$.

(الجواب : (أ) لا يحدث راسب . (ب) يحدث راسب)

١١ - إذا بدأنا في إضافة محلول من نترات الفضة إلى محلول يحتوى على ٠٠١ مول $\text{Cl}^- / \text{لتر}$. $0.001 \text{ مول } \text{CrO}_4^{2-} / \text{لتر}$:

(أ) ما الذي يتربّس أولاً - كلوريد الفضة أو كرومات الفضة ؟

(ب) احسب تركيز أيون الكلوريد في المحلول عندما تبدأ كرومات الفضة في الترسيب ؟

(ج) احسب النسبة بين تركيز أيون الكلوريد الموجود في المحلول عند البدء في ترسيب كرومات الفضة إلى ما كان موجوداً أصلاً بال محلول :

(الجواب : (أ) كلوريد الفضة يتربّس أولاً . (ب) $[\text{Cl}^-] = 6.44 \times 10^{-7}$. (ج) ، (ج) النسبة المئوية لأيون الكلوريد $= 0.0644\%$

١٢ - احسب عدد الأوزان الحرثية الحرامية من كلوريد الأمونيوم التي يلزم إضافتها إلى ١٠٠ مل من محلول يحتوى على ٠٠١ جزء جرامي هيدروكسيد أمونيوم / لتر كي تمنع ترسيب Mn(OH)_2 عندما يضاف هذا المحلول إلى ١٠٠ مل من محلول يحتوى على ٠٠٢ جزء جرامي كلوريد منجنيز / لتر . حاصل ذوبانية هيدروكسيد المنجنيز $= 2 \times 10^{-13}$.

(الجواب : ٤٠ جزء جرامي كلوريد أمونيوم)