



o b e i k a h d i . c o m

الباب الرابع عشر

تفاعلات الترسيب

Precipitation Reactions

مقدمة:

في هذا النوع من التفاعلات يتم إضافة مادة لأخرى، قد تكون مع مجموعة من المواد في محلول واحد، فتتكون مادة صلبة غير ذائبة بين المادتين دون الأخرى وتسمى بالراسب فيتم فصلها. تتميز تفاعلات الترسيب بالانتقائية حيث يستفاد منها في التحليل النوعي والكمي للمواد. سنهتم في هذا الباب بدراسة قوانين الإذابة فتعرض لنظرية الاتزان لدراسة ثابت حاصل الإذابة مع بيان أهميته في عملية الترسيب. سنتطرق أيضاً لدراسة تأثير الأيون المشترك والتغيير في تركيز أيون الهيدروجين، والتغيير في درجة الحرارة مع دراسة المتغيرات الأخرى كالمذيبات العضوية - الأملاح وتكوين المترابكات.

1-4 اذوبانية وميكانيكية الترسيب:

تتم عملية الترسيب بخلط مادتين مختلفتين أو أكثر في محلول سائل فتحدث عملية تبدل للأيونات، أو التقاء أيون مادة مع مركب عضوي فينتج عن ذلك تكوين مادة صلبة غير ذائبة في المحلول تسمى بالراسب (precipitate).

الجدير بالذكر هنا أن ميكانيكية تكوين الراسب تعتمد على طبيعة الأيونات المتبادلة والمكونة للراسب، والتي تعتمد في ترابطها وتلاصقها على القوى، والتي غالباً ما تكون قوى كهروستاتيكية، فإذا كانت قوى الربط هذه أقوى من قوى جذب

الماء لها أصبحت المادة صلبة كراسب غير ذائب في الماء، أما إذا كانت قوى جذب جزيئات الماء للأيونات أكبر من قوى جذب الأيونات لبعضها حينئذ يكون لدينا محلولاً متجانساً لا راسب فيه .

ليس هنالك قانون محدد يمكن اتباعه لمعرفة ذوبانية المركبات في الماء ولكن هنالك بعض الملاحظات التي تشير إلى أن الأيونات صغيرة الحجم والأيونات ذات الشحنة العالية والمتعددة هي أكثر الأيونات التي تكون مواد صعبة الذوبان في الماء . وبإمكاننا اتباع القواعد العامة التالية لمعرفة إمكانية تكوين راسب في الماء .

١- كل النترات (nitrates) - NO_3 - والخلات (acetate) - $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-$ - واسكlorates) - ClO_4^- (chlorates) - والبيرمنجنات (permanganates) - MnO_4^- - سريعة الذوبان في الماء عدا بيركلورات البوتاسيوم (KClO_4) وبيركلورات الأمونيوم (NH_4ClO_4) فهي متوسطة الذوبان أما نترات الفضة (AgNO_3) تُعد شحيحة الذوبان في الماء .

٢- كل الكلوريدات (Chlorides) - Cl^- - سريعة الذوبان في الماء ما عدا كلوريد الفضة AgCl - وكلوريد الزئبقوز - Hg_2Cl_2 - وكلوريد الرصاص - PbCl_2 - وبالمثل فكل البروميديات (bromides) - Br^- - وكل اليوديدات (iodides) - I^- - سريعة الذوبان ما عدا بروميد ديوريد الزئبق الثنائي - Hg_2Br_2 - $\text{Hg}_2\text{I}_2^{2+}$ - أما الفلوريدات (Fluorides) - F^- - فهي لا تذوب في الماء ما عدا فلوريد الفضة - AgF - وفلوريد الأمونيوم - NH_4F - فهما يذوبان في الماء سريعاً .

٣- كل الكبريتات (Sulfates) - SO_4^{2-} - سريعة الذوبان في الماء ما عدا كبريتات الرصاص - PbSO_4 - كبريتات السترنشيوم - SrSO_4 - وكبريتات الكالسيوم - CaSO_4 - وكبريتات الفضة AgSO_4 فهي شحيحة الذوبان .

٤- كل لكبريتيدات (Sulfides) - S^{2-} - سريعة غير قابلة للذوبان في الماء ما عدا كبريتيدات الأمونيوم وكبريتيدات الفلزات الأرضية الثقيلة .

٥- كل لهيدروكسيدات (hydroxides) - OH^- - غير قابلة للذوبان في الماء ما عدا هيدروكسيدات المجموعة الأولى ، أما هيدروكسيد السترنشيوم - $Sr(OH)_2$ وهيدروكسيد الباريوم - $Ba(OH)_2$ - وهيدروكسيد الكالسيوم - $Ca(OH)_2$ - فهي قابلة للذوبان بدرجة قليلة .

٦- كل لكربونات (Carbonates) - CO_3^{2-} - غير قابلة للذوبان في الماء ما عدا كربونات المجموعة الأولى وكربونات الأمونيوم - $(NH_4)_2CO_3$ -

وعلى سبيل المثال إذا أضفنا محلولاً مخففاً من نترات الفضة (Silver nitrate) - $AgNO_3$ - إلى محلول مخفف من كلوريد الصوديوم (Sodium chloride) - $NaCl$ - يتحلل الملحان إلى أيونات فيصبح لدينا ما يلي من أيونات :



فيحدث تبادل أيوني وتتحرك كاتيونات الفضة مع الكلوريد فتعطي كلوريد الفضة (Silver chloride) - $AgCl$ - وملح نترات الصوديوم (Sodium nitrate) - $NaNO_3$ - وبالرجوع إلى المعلومات أعلاه نجد أن نترات الصوديوم ملح سريع الذوبان في الماء، أما كلوريد الفضة عبارة عن ملح صعب الذوبان، فيبقى راسباً في المحلول يمكن فصله بالترشيح . إن كلوريد الفضة راسب أبيض اللون يتغير لونه إلى البني ثم الأسود بتعرضه للضوء .

وعلى سبيل المثال أيضاً إذا أضفنا محلولاً مخففاً من كبريتات الألومنيوم

(aluminium sulfate) - $Al_2(SO_4)_3$ - إلى محلول مخفف من هيدروكسيد الصوديوم (Sodium hydroxide) - $NaOH$ - يصبح لدينا في المحلول ما يلي من أيونات .



فيحدث تبادل أيوني ويتكون ملح هيدروكسيد الألومنيوم (Aluminium Hydroxide) - $Al(OH)_3$ - وملح كبريتات الصوديوم (Sodium Sulfate) - Na_2SO_4 .

وبالرجوع إلى القواعد العامة للذوبان أعلاه نجد أن هيدروكسيد الألومنيوم هو الراسب المتكون في هذه الحالة تاركًا كبريتات الصوديوم ذائبًا في المحلول .

يستفاد من تفاعلات الترسيب في التحليل النوعي للمواد حيث يمكن فصل الراسب ودراسة طبيعته الكيميائية والفيزيائية ومن صفاته العامة يمكن معرفة الراسب الناتج كاللون مثلاً . فقد عُرِفَتْ في الكيمياء التحليلية طرق عامة للكشف عن الأنيونات وعن الكاتيونات فقسمت الأنيونات إلى مجموعات منها :

أ - مجموعة حمض الهيدروكلوريك كالكربونات (carbonates) - CO_3^{2-} - والهيبوكلورايت (hypochlorite) - ClO^- - والكبريتيت (Sulfite) - SO_3^{2-} - والثيوكبريتات (thiosulfate) - $S_2O_3^{2-}$ - والكبريتيد (Sulfide) - S^{2-} - والنتريت (nitrite) - NO_2^- -

ب - مجموعة نترات الباريوم (barium nitrate) - $Ba(NO_3)_2$ -



ج - مجموعة نترات الفضة (Silver nitrate) - AgNO_3 -

هذا وقد قسمت الكاتيونات إلى مجموعات عدة أيضاً منها:

أ - مجموعة الأحماض كحمض الهيدروكلوريك مثل الرصاص والفضة والزنك الأحادي وحمض الكبريتيك مثل الرصاص والكالسيوم والسترنشيوم والباريوم والاديوم وحمض الاكساليك مثل الفضة والباريوم والكالسيوم والكوبالت والحاس والحديد والزنك .

ب - مجموعة الكبريتيدات (Sulfides) - S^{2-} - منها تكون راسب في الوسط الحمضي وأخرى في الوسط القاعدي .

فالتي تترسب في الوسط الحمضي كالزئبق والنحاس والبيزموث والكاديوم والرصاص والزرنيخ والانتيموني والقصدير. والتي تترسب في الوسط القاعدي مثل المنجنيز والمخارصين والكوبالت والنيكل.

ج - مجموعة الهيدروكسيدات مثل الفضة والنحاس والكاديوم والحديد الثلاثي والثنائي والنيكل والكوبالت والمغنيزيوم والالومنيوم.

د - مجموعة الكربونات مثل الصوديوم والبوتاسيوم.

هـ - مجموعة الفوسفات (phosphate) $-PO_4^{3-}$ وأهمها الفضة والبيزموث والكوبالت والمغنيزيوم والباريوم.

و - مجموعة الكرومات (Chromate) $-CrO_4^{2-}$ مثل الرصاص والنحاس والبيزموث والباريوم.

ز - مجموعة اليوديد (Iodide) $-I^-$ مثل الفضة والرصاص والبيزموث والزرنيق.



ويستفاد من تفاعلات الترسيب أيضاً في التحليل الكمي للكثير من المواد إما بطريقة ايعايرة وتحديد نقطة التعادل بتكوين راسب له لون خاص أو بإضافة كاشف معين. واطريقة الأخرى هي طريقة الترسيب الكمي وهنا يفصل الراسب ويجفف ثم يوزن بعد تسخينه وتحويله إلى هيئة كيميائية معروفة.

مثال: (14-1)

♦ ♦ ♦

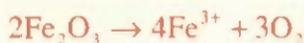
100.0 مل حليب يزن 2.980 جرام، أخذ منه 25.0 مل وأضيف إليه أمونيا فترسب الحديد على هيئة هيدروكسيد الحديد الثلاثي $Fe(OH)_3$. فإذا رُشح الراسب وحرق في درجة حرارة 800 c° وتحول إلى أكسيد الحديد (ferric oxide) Fe_2O_3 فكان وزنه 0.1025 جرام، أحسب النسبة المئوية للحديد في الحليب.

الحل:

$$25\text{ ml} \times \frac{2.980}{100\text{ ml}} \times 0.74509 = \text{وزن الحليب الذي أخذ للتحليل}$$

عدد مولات الحديد في أكسيد الحديد:

من المعادلة التالية:



∴ في كل 2 مول أكسيد حديد = 4 مول حديد

$$0.1025\text{ g } Fe_2O_3 \times \frac{1\text{ mol } Fe_2O_3}{159.69\text{ g } Fe_2O_3} \times \frac{4\text{ mol } Fe^{3+}}{2\text{ mol } Fe_2O_3} = 1.2837 \times 10^{-3}\text{ mol } Fe^{3+}$$

= وزن الحديد

$$1.2837 \times 10^{-3}\text{ mol } Fe^{3+} \times \frac{55.85\text{ g } Fe}{1\text{ mol } Fe^{3+}} = 0.0717\text{ g } Fe$$

النسبة المئوية للحديد

$$\frac{0.0717 \text{ g}}{0.7450 \text{ g}} \times 100 = 9.62\%$$

14-2 ثابت حاصل الإذابة:

يُعرف ثابت حاصل الإذابة (Solubility product constant) بحاصل ضرب تركيز الأيونات وكل تركيز مرفوع لقوى معامل التكافؤ في المعادلة الموزونة لمركب شحيح الذوبان. لثابت حاصل الإذابة قيمة ثابتة عند درجة حرارة معينة ولا يتغير بتركيز الأيونات المكونة للمركب.

فالراسب عبارة عن مادة صلبة تتكون باتحاد الأيونات في المحلول كما ذكرنا سابقاً فتمر العملية بتكوين مادة من الراسب نفسه في حالة اتزان بين الحالة الصلبة والحالة الذائبة فيعتبر أن الجزء الذائب من هذا الراسب صغير جداً وهي قيمة ثلاثة ويمكن تمثيل ذلك براسب كلوريد الفضة (Silver Chloride) - AgCl - كما يلي:



يعني ذلك أن راسب كلوريد الفضة يتكون فيذوب منه جزء قليل جداً في حالة الاتزان في الاتجاه الانعكاسي من التفاعل أعلاه وعليه:



حيث إن K_{sp} هي ثابت حاصل الإذابة للراسب. وإذا افترضنا أن الراسب يذوب كلياً في المحلول فإن:



حيث إن (S) هي الذوبانية (Solubility) للراسب، وفي هذه الحالة يمكن تقديرها بحساب الجذر التربيعي لثابت حاصل الإذابة:

$$(14-8) \quad S = \sqrt{K_{sp}}$$

والمعادلة أعلاه تبين لنا العلاقة بين الذوبانية و ثابت حاصل الإذابة فالذوبانية لا تعني ثابت حاصل الإذابة بل هي تعبير عن تركيز المادة ويكون تمييزها جرام / لتر، أما ثابت حاصل الإذابة فيتعلق باتزان الراسب ومكوناته في المحلول .

والعلاقة بينهما في جميع الحالات يمكن معرفتها باتباع التفاعل العام التالي:



$$(14-10) \quad K_{sp} = [A^{**}]^n [B^{*}]^m$$

$$(14-11) \quad [A^{**}] = ns_{A_nB_m}$$

$$(14-12) \quad [B^{*}] = ms_{A_nB_m}$$

$$(14-13) \quad K_{sp} = n^n m^m S_{A_nB_m}^{(n+m)}$$

$$(14-14) \quad \therefore S_{A_nB_m} = \left(\frac{K_{sp}}{n^n m^m} \right)^{\frac{1}{n+m}}$$

♦ ♦ ♦

مثال: (14-1)

احسب الذوبانية لكلوريد الفضة (Silver chloride) - AgCl - لمحلول كان فيه تركيز الكلوريد (chloride) - Cl⁻ - 0.010M علماً بأن ثابت حاصل الإذابة لكلوريد الفضة 1.00×10^{-10}

الحل:



$$\therefore [\text{Ag}^{+}][\text{Cl}^{-}] = K_{sp} = 1.00 \times 10^{-10}$$

$$\frac{1.00 \times 10^{-10}}{0.010} = 1.0 \times 10^{-8} \text{ M} = [\text{Ag}^{+}] \text{ تركيز الكلوريد}$$

مثال: (14-3)

❖ ❖ ❖

احسب الذوبانية لكرومات الفضة (Silver chromate) Ag_2CrO_4 - محلول فيه تركيز الكرومات (Chromate) CrO_4^{2-} - 0.001M علماً بأن ثابت حاصل الإذابة لكرومات الفضة عبارة عن 1.0×10^{-12}

الحل:



$$[\text{Ag}^{+}]^2[\text{CrO}_4^{2-}] = K_{sp} = 1.0 \times 10^{-12}$$

$$\left(\frac{K_{sp}}{1.0 \times 10^{-3}} \right)^{1/2} = \text{في تركيز الكرومات}$$

$$\left(\frac{1.0 \times 10^{-12}}{1.0 \times 10^{-3}} \right)^{1/2}$$

$$3.16 \times 10^{-5} \text{ M} =$$

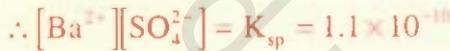
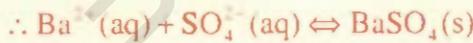
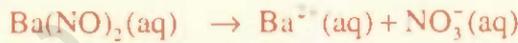
إن الإلمام بقيمة ثابت حاصل الإذابة له أهمية كبرى في معرفة التراكيز المطلوبة للحصول على راسب فمن الواضح من معادلة رقم (6-15) ولضمان الحصول على راسب من كلوريد الفضة فلا بد أن تفوق قيمة حاصل ضرب تركيز الأيونات المكونة للراسب ثابت حاصل الإذابة بقليل.



أضيفَ 250 ملليتر من محلول نترات الباريوم $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ – (Barium nitrate) –
 إلى 500 ملليتر من محلول كبريتات البوتاسيوم K_2SO_4 – potassium sulfate –
 فإذا كان تركيز الأول 0.00025 M وتركيز الثاني 0.00015 M فهل يحدث ترسيب
 لكبريتات الباريوم BaSO_4 – (Barium sulfate) – علماً بأن ثابت حاصل الإذابة
 للراسب 1.1×10^{-10} ؟

الحل:

الأيونات في المحلول هي:



ولكي نحصل على راسب فلا بد أن يكون حاصل ضرب تركيز الباريوم في تركيز
 الكبريتات أكبر من ثابت حاصل الإذابة.

\therefore تركيز أيونات الباريوم = تركيز نترات الباريوم

$$0.00025 \frac{\text{mol Ba}^{2+}}{1 \text{ L Ba}^{2+}} \times \frac{0.25 \text{ L}}{0.75 \text{ L}} = 6.25 \times 10^{-5} \frac{\text{mol Ba}^{2+}}{1 \text{ L}}$$

تركيز أيونات الكبريتات = تركيز كبريتات البوتاسيوم

$$0.00015 \frac{\text{mol SO}_4^{2-}}{1 \text{ L SO}_4^{2-}} \times \frac{0.50 \text{ L}}{0.75 \text{ L}} = 6.67 \times 10^{-5} \frac{\text{mol SO}_4^{2-}}{1 \text{ L}}$$

∴ حاصل ضرب الأيونات المكونة للراسب =

$$6.67 \times 10^{-5} \times 6.25 \times 10^{-5} = 4.17 \times 10^{-9} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

وبما أن 4.17×10^{-9} أكبر من ثابت حاصل الإذابة 1.1×10^{-10} فلا بد أن يترسب

كبريتات الباريوم .

14-3 العوامل التي تؤثر في تكوين الراسب:

هنالك عدة عوامل لها الأثر المباشر في ثبات الراسب وذوبانيته نذكر منها ما

يلي:

1 - تأثير الأيون المشترك:

الايون المشترك (Common ion) عبارة عن أيون أو كاتيون ملح أضيف للراسب

الذي يتكون أيوناته أو كاتيوناته من نفس نوع الملح. يؤثر الأيون المشترك على

الراسب فيقلل ذوبانيته فمثلاً إذا أضيف راسب كلوريد الفضة – (silver chloride) –

AgCl – إلى ملح كلوريد الصوديوم – (Sodium chloride) – NaCl –



يتضح من معادلة رقم (14-16) أن كلوريد الصوديوم يتحلل كليةً إلى صوديوم

(Na⁺) وكلوريد (Cl⁻) وبالتالي يزيد من قيمة الكلوريد الناتج عن تحلل الراسب في

معادلة رقم (14-15) ويعد الكلوريد هو الأيون المشترك ونتيجة لهذه لزيادة في

الكلوريد يزداد التفاعل الانعكاسي في معادلة رقم (14-15) ويتكون المزيد من راسب

كلوريد الفضة وبمعنى آخر فقد قلت كمية الراسب الذائبة .

إن هذه الظاهرة تسمى بتأثير الأيون المشترك على ذوبانية الراسب .

مثال: (14-5)

♦ ♦ ♦

– CaF_2 – (calcium fluoride) الكالسيوم فلوريد إذابة فلوريد الكالسيوم

هو 1.1×10^{-10} ، احسب :

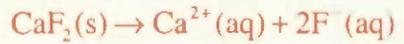
أ – الذوبانية للراسب .

ب – الذوبانية في وجود 0.01M فلوريد الصوديوم (Sodium fluoride) –

– NaF

الحل

أ – نكتب معادلة تحلل الراسب :



نطبق معادلة رقم (14-14)

الذوبانية (S) = $\left(\frac{K_{sp}}{n^a m^{n_1}}\right)^{\frac{1}{n+n_1}}$ حيث إن :

$n = 1$ للكالسيوم

$n_1 = 2$ للفلوريد $\therefore S = \left(\frac{K_{sp}}{4}\right)^{\frac{1}{3}}$

$$\left(\frac{1.1 \times 10^{-10}}{4}\right)^{\frac{1}{3}} = 3.0 \times 10^{-4}$$

ب – ذوبانية في وجود فلوريد الصوديوم :

$$K_{sp} = [Ca^{2+}][F^{-}]^2$$

$$\frac{1.1 \times 10^{-10}}{1.1 \times 10^{-4}} = \frac{K_{sp}}{[F^{-}]^2} = 1.1 \times 10^{-6} \text{ (S) } \therefore \text{الذوبانية (S)}$$

* لاحظ أن الذوبانية للراسب قد قلت كثيراً في وجود الفلوريد وهو الأيون المشترك.

ب - تأثير التغيير في أيون الهيدروجين:

إن التغيير في الرقم الهيدروجيني (pH) له أثر كبير في زيادة أو نقصان ذوبان الراسب ويتضح ذلك في راسب مجموعة الهيدروكسيدات التي تترسب إضافة الهيدروكسيد مثل الفضة، الماغنيزيوم، الحديد الألومنيوم، النحاس، لكاديوم، النيكل، والكوبالت.

وعلى سبيل المثال فإن هيدروكسيد الماغنيزيوم (magnesium hydroxide) - $Mg(OH)_2$ - يتأثر تأثيراً واضحاً بالتغيير في تركيز أيون الهيدروجين فالنقصان بإضافة أيون الهيدروكسيل (OH^{-}) الذي يُعد الأيون المشترك يؤدي إلى نقصان ذوبانية الراسب وذلك بالتغيير في الاتزان وذلك بدفع التفاعل للآتجاه الانعكاسي كما هو موضح في المعادلة أدناه:



وأن النقصان في الرقم الهيدروجيني بزيادة أيون الهيدروجين (H^{+}) - أي حمض - يؤدي ذلك إلى زيادة ذوبانية الراسب وذلك لأن أيون الهيدروجين يتفاعل مع الهيدروكسيل ويعطي ماء فيقل بذلك تركيز الهيدروكسيل مما يغير في الاتزان وذلك بدفع التفاعل إلى الآتجاه الأمامي في المعادلة (14-17).

وتتمثل هذه الظاهرة أيضاً في رواسب مجموعة الكربونات (Carbonates) -
 CO_3^{2-} - والأكسالات (oxalates) - $(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$ - والكرومات (Chromates) -
 CrO_4^{2-} - والكبريتيدات (sulfides) - S^{2-} - حيث إن زيادة أيون الهيدروجين يزيد
من ذوبانية الراسب والعكس صحيح وذلك لأن أيون الهيدروجين يتفاعل مع الأنيون
معطياً حمضاً ضعيفاً فيقل بذلك تركيز الأنيون المكون للراسب فيختل الاتزان ويدفع
التفاعل إلى الاتجاه الأمامي وتزداد ذوبانية الراسب كما في المعادلة أدناه في حالة راسب
كرومات الرصاص (Lead Chromate) - PbCrO_4 :-



الجدير بالذكر أن هذه القاعدة لا تنطبق على راسب كلوريد الفضة؛ لأن
الكلوريد الناتج ضعيف لا ينتج عنه تكوين حمض قوي وبالتالي لا يتوقع تكوين
حمض الهيدروكلوريك من ذوبان كلوريد الفضة وعليه فإن راسب كلوريد الفضة لا
يتأثر بالتغيير في الرقم الهيدروجيني.

ج - تأثير المذيبات العضوية:

لقد لوحظ أن الرواسب الأيونية مثل كلوريد الفضة وكبريتات
الباريوم يقل ذوبانها في المذيبات العضوية التي تعتبر ثابت عزلها الكهربائي
(dielectric constant) أقل من الماء وذلك بعكس الرواسب غير الأيونية التي تتكون
من مادة عضوية بكاتيون معدن فقد لوحظ أنها يقل ذوبانها في الماء.

أسئلة وتمارين

١- احسب الذوبانية المولارية لهيدروكسيد الماغنيزيوم $Mg(OH)_2$ في محلول هيدروكسيد الصوديوم $NaOH$ ذي التركيز $0.050M$ علماً بأن ثابت حاصل الإذابة يساوي $K_{sp} = 8.9 \times 10^{-12}$.

(الإجابة: $3.5 \times 10^{-8} M$)

٢- اكتب المعادلة الأيونية عند خلط محلولين ذي تركيز متساوٍ من كلٍ من كبريتات الحديد الثلاثي $Fe_2(SO_4)_3$ مع هيدروكسيد الروبيديوم $Rb(OH)$. ثم ضع خطأ أسفل الراسب.

الإجابة:



٣- احسب الحجم اللازم من نترات الفضة ($AgNO_3$) ليتفاعل كلياً مع 12.7 من كرومات البوتاسيوم (K_2CrO_4) ذي التركيز ($0.240 M$) ليعطي راسب كرومات الفضة (Ag_2CrO_4).



(الإجابة: 61.0 مل)

٤- احسب قيمة ثابت حاصل الإذابة (K_{sp}) لكربونات المغنيزيوم ($MgCO_3$) علماً بأن ذوبانها في الماء عند درجة حرارة الغرفة $25^{\circ}C$ هي $0.012 g/L$.

(الإجابة: 2.0×10^{-8})

٥- احسب قيمة الذوبانية المولارية لكبريتيد الزنك (ZnS) علماً بأن ثابت حاصل الإذابة لهذا الراسب هي 1.2×10^{-23}

(الإجابة: 6.0×10^{-24})

٦- احسب تركيز أيون الفلور (F^-) في محلول مشبع من فلوريد الكالسيوم (CaF_2) علماً بأن ثابت حاصل الإذابة لهذا الراسب هي 1.7×10^{-10}

(الإجابة: $7.0 \times 10^{-4} M$)

٧- محلول يحتوى على تراكيز متساوية وبقيمة $0.50 M$ من كل من أيونات الرصاص (Pb^{2+})، الفضة (Ag^+)، والزئبق (Hg^{2+}) فإذا أضيفت محلول أيونات الكلور (Cl^-) وبتركيز $1.0 \times 10^{-9} M$ فيأتي الأيونات تترسب على هيئة كلوريد علماً بأن ثابت حاصل الإذابة كما يلي:

$$PbCl_2 = 1.6 \times 10^{-5}$$

$$AgCl = 1.7 \times 10^{-10}$$

$$Hg_2Cl_2 = 2. \times 10^{-18}$$

(الإجابة: AgCl)