قطبية الأملاح:

نشاط (1): صـ 99

اسم الملح	صيغة الملح	الجزء الأساسي	الجزء الحمضي
نترات الصوديوم	$NaNO_3$	Na^+	NO_3^-
كبريتات الأمونيوم	$(NH_4)_2SO_4$	NH_4^+	SO_4^{-2}
كلوريد الألمنيوم	$AlCl_3$	Al^{+3}	Cl^-

علل: الملح يتمتع بخاصية قطبية؟

لأنه مركب أيوني يتألف من جزئين: جزء أساسي موجب وجزء حمضي سالب

تصنيف الأملاح وفق ذوبانيتها:

1. تعريف: ذوبانية الملح:

هي تركيز الملح في محلوله المشبع عند درجة حرارة محددة وهي ثابت فيزيائي خاص بكل ملح ويرمز لها بـ: (S)

2. عدد: أنواع ذوبانية الملح:

1. ذوبانية كتلية للملح ($g.l^{-1}$)
2. ذوبانية مولية للملح ($mol.l^{-1}$)

3. تصنف محاليل الأملاح إلى:

1. غير مشبعة 2. مشبعة 3. فوق مشبعة

4. عدد الأملاح: الذوابة وهي قيمة ذوبانيتها:

أملاح (الصوديوم - البوتاسيوم - النترات - الخلات)

قيمة ذوبانيتها أكبر من $0.1 mol.l^{-1}$

5. عدد الأملاح قليلة الذوبان وهي قيمة ذوبانيتها:

ملح (كبريتات الباريوم، كربونات الكالسيوم، كبريتات الفضة، كلوريد الفضة

عبد الرحمن المحمد

الرصاص ، فوسفات ثلاثي الكالسيوم)
قيمة ذوبانيتها أقل من $1.0 \times 10^{-5} mol.l^{-1}$

التوازن غير المتجانس لأملاح قليلة الذوبان

1. الجداء الأيوني Q :

جداء تراكيز أيونات الملح قليل الذوبان مرفوعة كل منها إلى أس يساوي أمثالها التفاعلية

2. ثابت جداء الذوبان Ksp :

جداء تراكيز أيونات الملح قليل الذوبان مرفوعة كل منها إلى أس يساوي أمثالها التفاعلية في المحلول المشبع.

هام جداً للمسائل

$Ksp > Q$	$Ksp = Q$	$Ksp < Q$
المحلول غير مشبع (لا يوجد راسب)	المحلول مشبع (لحظة بدء الترسب)	المحلول فوق مشبع (يترسب كمية من الملح)

- كلما ازدادت Ksp كان الملح يذوب أكثر
- كلما صغرت Ksp كان الملح قليل الذوبان

نشاط (4) : ص 101

أكتب العبارة المعبرة عن Ksp لكل من الأملاح قليلة الذوبان الآتية :

a. $CaCO_3$ $\quad CaCO_3 \rightleftarrows Ca^{+2} + CO_3^{-2}$

$Ksp = [Ca^{+2}][CO_3^{-2}]$

b. Ag_2S $\quad Ag_2S \rightleftarrows 2Ag^{+} + S^{+2}$

$Ksp = [Ag^{+}]^2[S^{-2}]$

c. $Ca_3(PO_4)_2$ $\quad Ca_3(PO_4)_2 \rightleftarrows 3Ca^{+2} + 2PO_4^{-3}$

$Ksp = [Ca^{+2}]^3[PO_4^{-3}]^2$

أ. عبد الرحمن المحمد

تطبيقات حداء الذوبان :

1 ترسيب ملح في محلوله المشبع :

- الطريقة العامة لترسيب أي ملح :

تضيف كمية من مادة تحوي أحد أيونات الملح مما يؤدي إلى ازدياد تركيز أيونات فيختل التوازن وبالتالي يتزاح التوازن حسب قاعدة لوشاتولييه بالإتجاه العكسي أي باتجاه ترسيب مزيد من ملح الملح المطلي

سؤال دورة : 2023/1

محلول مائي مشبع لملح فوسفات الفضة Ag_3PO_4

1. معادلة التوازن غير المتجانس،

$$Ag_3PO_4 \rightleftarrows 3Ag^+ + PO_4^{-3}$$

2. العلاقة بين Ksp و Q في محلول مشبع

$$Q = Ksp$$

3. طريقة لترسيب الملح.

نضيف كمية من فوسفات الزنك فيزداد تركيز أيونات الفوسفات فيختل التوازن وبالتالي يتزاح التوازن حسب قاعدة لوشاتولييه بالإتجاه العكسي أي باتجاه ترسيب مزيد من ملح فوسفات الفضة

2 إذابة ملح قليل الذوبان :

- الطريقة العامة لإذابة أي ملح :

نضيف حمض كلور الماء HCl ، يتحد أيون الهيدرونيوم الناتج عن تأين الحمض مع أيون يتشكل حمض ضعيف التأين، يتناقص تركيز أيونات وتختل التوازن، يصبح $Q < Ksp$ أي محلول غير مشبع، يتزاح التوازن باتجاه المباشر حسب قاعدة لوشاتولييه فتذوب كمية من الملح حتى نصل

لحالة توازن جديدة

- نشاط (6) : ص 106

لديك محلول مركز مشبع لملح فوسفات الفضة اقترح طريقة لإذابة كمية إضافية من هذا الملح.

نضيف حمض كلور الماء HCl ، يتحد أيون الهدرونيوم الناتج عن تأين الحمض مع أيون الفوسفات ينتج حمض الفوسفور H_3PO_4 ضعيف التأين، يتناقص تركيز أيونات الفوسفور وتختل التوازن، يصبح $Q < K_{sp}$ أي محلول غير مشبع ينزاح التوازن باتجاه المباشر حسب قاعدة لوشاتولييه فتذوب كمية من الملح حتى نصل لحالة توازن جديدة

- حلمهة الملح :

• حالة خاصة احتمالية : يجب أن نكتب معادلة الإماهة قبل الحلمهة حتى لو لم تُطلب

• حالة خاصة احتمالية : الإماهة تكون بهم واحد، أما الحلمهة بسهمين عكوسين.

سؤال : كيف أكتب معادلة الإماهة ؟

. معادلة الإماهة تكون بفصل الملح إلى شقين : شق موجب، شق سالب

. والشق السالب من الملح هو الذي تحصل له حلمهة

. * الشقوق الضعيفة :

$(CN^- - CH_3COO^- - HCOO^- - NH_4^+ - CO_3^{2-})$

. سؤال : كيف أكتب معادلة الحلمهة :

. الشق السالب + H_2O ⇄

[1] . حلمهة ملح ناتج عن حمض قوي وأساس ضعيف :

- تحلمه الأيون الناتج عن أساس ضعيف $PH < 7$

- $K_h \cdot K_b = K_w$

ثابت حلمهة الملح ← ثابت تأين الأساس الضعيف ← 10^{-14}

$K_h = \frac{K_w}{K_b} = \frac{10^{-14}}{K_b}$

$K_b = \frac{K_w}{K_h} = \frac{10^{-14}}{K_h}$

2. محلول ملح ناتج عن حمض ضعيف وأساس قوي:

- تحلل الأيون الناتج عن الحمض الضعيف

$Kh \cdot Ka = Kw$

$Ka = \frac{Kw}{Kh}$ ← ثابت تأين الحمض الضعيف

$Kh = \frac{Kw}{Ka}$

$PH > 7$

3. محلول ملح ناتج عن حمض ضعيف وأساس ضعيف:

- يكون الوسط متعادل $PH = 7$ (حالة نادرة)

- ثابت حلمهة الملح:

$$Kh = \frac{Kw}{Ka \cdot Kb}$$

ملاحظات على مسائل الحلمهة:

1. حساب النسبة المئوية المتحلمهة:

كل (تركيز ابتدائي) يتحلمه منه x

كل (١٠٠) يتحلمه من y

المرضي بالوسطين ⇐ $y = \square\ \%$

2. x في مسائل الحلمهة تقابل $[H_3O^+]$ أو $[OH^-]$

إذا وجد في ناتج معادلة الحلمهة

$OH^- \rightarrow x = [OH^-]$

$H_3O^+ \rightarrow x = [H_3O^+]$

3. إذا طلب حساب $[H_3O^+]$ أو $[OH^-]$ وليس لدينا PH أو POH:

نحسبها من معادلة الحلمهة عن طريق حساب x بالمعادلات الثلاث

عبد الرحمن المحمد

[4] طبيعة الوسط مع التعليل

① حسب PH

- PH < 7 → الوسط حمضي
- PH > 7 → الوسط أساسي

② إذا لم يكن لدينا قيمة PH ننظر إلى ناتج معادلة الحلمهة إذا ظهر

- H_3O^+ فالوسط حمضي وتكتب لظهور H_3O^+ في معادلة الحلمهة
- OH^- فالوسط أساسي وتكتب لظهور OH^- في معادلة الحلمهة

أ. عبد الرحيم أحمد

ملاحظات لحل مسائل الأملاح الراسبة :

[1] نضيف مادة تحوي أحد أيونات الملح الذي في نص المسألة

[2] فيتغير تركيزه

[3] نحسب التركيز الجديد لهذا الأيون (تركيز متمم + مضاف)

[4] ثم نحسب Q ونقارنها مع Ksp

- Q < Ksp → لا يترسب الملح (محلول غير مشبع)
- Q = Ksp → لا يوجد راسب (محلول مشبع)
- Q > Ksp → قسم من الملح يترسب (محلول فوق مشبع)

- المحلول المنظم للحموضة : (اختياري)

يتألف من محلول حمض ضعيف وأحد أملاحه القابلة
أو من محلول أساس ضعيف وأحد أملاحه القابلة .

سؤال : ما هو المحلول المنظم للحموضة من بين المحاليل الآتية :

a. $HCOOH / HCOOK$ b. $NH_4OH / NaCl$ c. $NaOH / NaCl$ d. HCl / KCl

التفاسير :

1. الصفة القطبية للماء .

بسبب فرق الكهرسلبية بين الأكسجين والهيدروجين والبنية الهندسية لجزيء الماء

2. الذوبان الجيد لبعض الأملاح .

لأن قوى التجاذب بين الأيونات في بلورات الملح أكبر من قوى التجاذب بين أيونات الملح وجزيئات الماء أثناء عملية الذوبان .

3. ذوبان الملح الناتج عن حمض قوي وأساس قوي لا يغير حموضة الماء .

لأن أيوناته تكون حيادية لا تتحد مع الماء

4. أملاح الصوديوم قابلة للذوبان في الماء (أي ملح قابل للذوبان يكون نقي الجواد)

لأن قوة التجاذب بين أيونات أملاح الصوديوم أصغر من قوة التجاذب بين هذه الأيونات من جهة وجزيئات الماء

أسئلة الدرس :

أولاً : اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي :

1. الملح الذوّاب الذي يتحلل في الماء من الأملاح الآتية :

a. KCl b. $NaNO_3$ c. NH_4NO_3 d. $CaSO_4$

2. المحلول المائي الذي له أكبر قيمة pH من المحاليل الآتية المتساوية التراكيز هو :

a. NaCl b. KNO_3 c. NH_4NO_3 d. CH_3COONa

3. يحصل توازن غير متجانس بين الطور الصلب والطور المذاب في محلول مائي لملح قليل الذوبان :

a. $PbCrO_4$ b. $Pb(NO_3)_2$ c. Na_2SO_4 d. $(NH_4)_3PO_4$

4. محلول مائي لملح Na_2CO_3 تركيزه $1.6 mol.l^{-1}$ عند إضافة كمية من الماء المقطر إليه حتى يصبح حجمه أربعة أضعاف ما كان عليه فيكون التركيز الجديد لأيونات الصوديوم في المحلول مساوياً :

a. $0.6 mol.l^{-1}$ b. $0.4 mol.l^{-1}$ c. $0.8 mol.l^{-1}$ d. $0.2 mol.l^{-1}$

$$Na_2CO_3 \longrightarrow 2Na^+ + CO_3^{-2}$$

S 2S S

1.6 2(1.6) 1.6

بعد التخديد $n' = n$ قبل التخديد

$$C.V = C'.V'$$

$$C.V = C'.4V \Rightarrow C' = \frac{C}{4} = \frac{1.6}{4} = 0.4 mol.l^{-1}$$

$$[Na^+] = 2(0.4) = 2 \times 0.4 = 0.8 mol.l^{-1}$$

5. إذا علمت أنّ $K_{sp}(AgCl) = 6.25 \times 10^{-10}$ عند درجة حرارة معيّنة فيكون تركيز أيونات الفضّة مقدّراً بـ $mol.l^{-1}$ في المحلول المشبوع لـ $AgCl$ مساوياً :

a. 1.25×10^{-10} b. 2.5×10^{-10} c. 2.5×10^{-5} d. 6.25×10^{-5}

$$AgCl \longrightarrow Ag^+ + Cl^-$$

x x x

$$K_s = [Ag^+].[Cl^-] = x^2 = 6.25 \times 10^{-10}$$

$$\Rightarrow x = 2.5 \times 10^{-5}$$

6. عند تحديد محلول مائي لملح KNO_3 تركيزه $2.4 mol.l^{-1}$ بإضافة كمية من الماء المقطر إليه تساوي ثلاثة أمثال حجمه يكون التركيز الجديد للمحلول مقدراً بـ $mol.l^{-1}$ مساوياً: $C' = \frac{C}{4}$

a. 0.6 b. 0.4 c. 0.3 d. 0.2

$$C' = \frac{C}{4} = \frac{2.4}{4} = 0.6$$

ثانياً: أجب عن السؤال الآتي تبعاً:

1) تحوي بيشر محلول مشبع لملح $PbCrO_4$ قليل الذوبان بالماء، يضاف إليه قطرات من محلول نترات الرصاص II عديم اللون فيتشكل راسب من كرومات الرصاص، المطلوب:

a. أكتب معادلة التوازن غير المتجانس لملح كرومات الرصاص II

$$PbCrO_4 \rightleftharpoons Pb^{+2} + CrO_4^{-2}$$

b. اشرح آلية الترسيب التي حدثت لقسم من هذا الملح.

عندما أضفنا نترات الرصاص، ازداد تركيز أيونات الرصاص فأصبحت $Q > K_{sp}$ فترسب كمية من هذا الملح عندها يزاح التوازن بالاتجاه العكسي حسب قاعدة لوشاتوليه.

c. اقترح طريقة ثانية لترسيب قسم من هذا الملح.

بإضافة قطرات من كرومات البوتاسيوم

d. اقترح طريقة لفصل المحلول عن الراسب.

الترشيح

2) أكتب معادلة التوازن غير المتجانس وعلاقة جداء الذوبان لكل من حاليل الأملاح الآتية:

a. $PbS \rightleftharpoons Pb^{+2} + S^{-2}$

$$K_{sp} = [Pb^{+2}] \cdot [S^{-2}]$$

b. $BaCO_3 \rightleftarrows Ba^{+2} + CO_3^{-2}$

$Ksp_{+2} = [Ba^{+2}] \cdot [CO_3^{-2}]$

c. $MgCO_3 \rightleftarrows Mg^{+2} + CO_3^{-2}$

$Ksp = [Mg^{+2}] \cdot [CO_3^{-2}]$

d. $Ag_2CrO_4 \rightleftarrows 2Ag^{+} + CrO_4^{-2}$

$Ksp = [Ag^{+}]^2 \cdot [CrO_4^{-2}]$

رابعاً: حل المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

محلول مائي لملح خلات البوتاسيوم تركيزه $0.2 mol.l^{-1}$ وجد أن $PH =$ له عند درجة الحرارة $25^\circ C$. المطلوب:

1. أكتب معادلة حلمهة هذا الملح.

الإماهة: $CH_3COOK \longrightarrow CH_3COO^- + K^+$

الحلمهة: $CH_3COO^- + H_2O \rightleftarrows CH_3COOH + OH^-$

2. أحسب قيمة $[H_3O^+]$

$[H_3O^+] = 10^{-PH} = 10^{-9} mol.l^{-1}$

3. أحسب قيمة ثابت الحلمهة للمحلول المائي.

$CH_3COO^- + H_2O \rightleftarrows CH_3COOH + OH^-$

$0.2 \quad 0 \quad 0$

$0.2 - x \quad x \quad x$

$Kh = \dfrac{[CH_3COOH] \cdot [OH^-]}{[CH_3COO^-]}$

$Kh = \dfrac{x^2}{0.2 - x}$ $\quad x = [OH^-] = \dfrac{10^{-14}}{10^{-9}} = 10^{-5} mol.l^{-1}$

$$Kh = \frac{x^2}{0.2 - x}$$ تهمل لصغرها

$$Kh = \frac{(10^{-5})^2}{0.2} = 5 \times 10^{-10}$$

4. أحسب ثابت تأين حمض الخل

$$Kh \cdot Ka = 10^{-14}$$

$$\Rightarrow Ka = \frac{10^{-14}}{Kh} = \frac{10^{-14}}{5 \times 10^{-10}} = 2 \times 10^{-5}$$

5. أحسب النسبة المئوية المحلولة.

10^{-5} mol.l^{-1} كل 0.2 mol.l^{-1} تحلل

x mol.l^{-1} كل 100 mol.l^{-1} تحلل

$$x = \frac{10^{-5} \times 100}{0.2} = 5 \times 10^{-3}\ \%$$

6. ماطبيعة الوسط الناتج عن الحلمهة معللا إجابتك.

طبيعة الوسط أساسي لأن pH > 7

المسألة الثانية:

محلول مائي مشبع لملح كبريتات الفضة Ag_2SO_4 تركيزه $0.015\ mol.l^{-1}$ نقوم أضيف إليه ملح كبريتات الصوديوم بحيث يصبح تركيزه في المحلول $0.01\ mol.l^{-1}$ تنبأ مسبقا إن كان ملح كبريتات الفضة يترسب أم لا؟

$$Ag_2SO_4 \rightleftarrows 2Ag^+ + SO_4^{-2}$$

$$[Ag^+] = 2x = 2 \times 0.015 = 3 \times 10^{-2}\ mol.l^{-1}$$

$$[SO_4^{2-}] = x = 1.5 \times 10^{-2}\ mol.l^{-1}$$

$$Ksp = [Ag^+]^2 \cdot [SO_4^{-2}]$$

$$= (3 \times 10^{-2})^2 \times (1.5 \times 10^{-2}) = 1.35 \times 10^{-5}$$

Nehad SABBAGH

$Na_2SO_4 \rightarrow 2Na^+ + SO_4^{-2}$

10^{-2} $\quad$ 10^{-2}

$[SO_4] = 1.5\times10^{-2} + 10^{-2} = 2.5\times10^{-2}\ mol.l^{-1}$

$Q = [Ag^+]^2.[SO_4^{-2}]$

$= (3\times10^{-3})^2 \times 2.5\times10^{-2}$

$= 2.25\times10^{-5}$

$Q > K_{sp}$ ⇐ المحلول فوق مشبع يتشكل راسب

المسألة الثانية:

محلول مائي لملح نترات الأمونيوم NH_4NO_3 تركيزه $2\times10^{-3}\ mol.l^{-1}$ فإذا علمت أن ثابت تأين الماء عند درجة الحرارة $25^\circ C$ هو $K_b = 2\times10^{-5}$

المطلوب:

1. أكتب معادلتي إماهة وطبيعة هذا الملح.

الإماهة: $NH_4NO_3 \rightarrow NH_4^+ + NO_3^-$

الطبيعة: $NH_4^+ + H_2O \rightleftarrows NH_3 + H_3O^+$

2. أحسب قيمة ثابت الحمضية للمحلول الملحي

$K_h = \frac{K_w}{K_b} = \frac{10^{-14}}{2\times10^{-5}} = 5\times10^{-10}$

3. أحسب قيمة $[OH^-]$.

$NH_4^+ + H_2O \rightleftarrows NH_3 + H_3O^+$

2×10^{-3} $\quad$ 0 $\quad$ 0

$2\times10^{-3} - x$ $\quad$ x $\quad$ x

$K_h = \frac{[NH_3].[H_3O^+]}{[NH_4^+]}$

$K_h = \frac{x^2}{2\times10^{-3} - x}$ ← تهمل لصغرها ←

$$x^2 = 2\times10^{-3} \times 5\times10^{-10} = 10^{-12}$$

$$\Rightarrow x = 10^{-6}\ mol.l^{-1} = [H_3O^+]$$

$$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H_3O^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-6}} = 10^{-8}\ mol.l^{-1}$$

4. أحسب قيمة PH المحلول الناتج، ماذا تستنتج؟

$$Ph = -\log[H_3O^+]$$

$$= -\log(10^{-6}) = 6$$

نستنتج أن المحلول حمضي لأن $Ph < 7$

5. إذا أضيف إلى المحلول الناتج قطرات من محلول حمض كلور الماء بحيث يصبح $0.01\ mol.l^{-1}$ فاحسب النسبة المئوية المتحللة من ملح نترات الأمونيوم في هذه الحالة.

حمض كلور الماء قوي وأحادي الوظيفة

$$[H_3O^+] = C_a \times \text{عدد الوظائف}$$

$$= 0.01 \times 1 = 0.01\ mol.l^{-1}$$

$$NH_4^+ + H_2O \rightleftarrows NH_3 + H_3O^+$$

	2×10^{-3}	0	0.01
	$2\times10^{-3} - x$	x	$0.01 + x$

$$K_h = \frac{(0.01 + x)(x)}{2\times10^{-3} - x}$$

نهمل x الطفيفة والمطروحة لصغرها

$$K_h = \frac{0.01\,x}{2\times10^{-3}} \Rightarrow 5\times10^{-10} = \frac{0.01\,x}{2\times10^{-3}}$$

$$x = \frac{5\times10^{-10}\times2\times10^{-3}}{1\times10^{-2}} = \frac{10\times10^{-13}}{1\times10^{-2}} = 10^{-10}\ mol.l^{-1}$$

أ. عبد الرحمن الصحد

كل $2\times10^{-3}\ mol.l^{-1}$ تحتاج لـ $10^{-10}\ mol.l^{-1}$

كل $100\ mol.l^{-1}$ تحتاج لـ $x\ mol.l^{-1}$

$$y = \frac{100\times10^{-10}}{2\times10^{-3}} = 5\times10^{-6}\ \%$$

المسألة الرابعة:

يُضاف 200 ml من محلول تحتوي على $1\times10^{-5}\ mol$ من كلوريد الباريوم إلى 800 ml من محلول تحتوي على $1\times10^{-5}\ mol$ من كبريتات البوتاسيوم للحصول على محلول مُشبع من كبريتات الباريوم، المطلوب:

1. أحسب قيمة جداء الذوبان Ksp لملح كبريتات الباريوم

تركيز كلوريد الباريوم $C = \frac{n_1}{V_{\text{الكلي}}} = \frac{1\times10^{-5}}{1000\times10^{-3}} = 10^{-5}\ mol.l^{-1}$

تركيز كبريتات البوتاسيوم $C = \frac{n_2}{V_{\text{الكلي}}} = \frac{1\times10^{-5}}{1000\times10^{-3}} = 10^{-5}\ mol.l^{-1}$

$$BaSO_4 \rightleftarrows Ba^{+2} + SO_4^{-2}$$

$$10^{-5} \quad 10^{-5}$$

$$Ksp = 10^{-5}\times10^{-5} = 10^{-10}$$

2. يضاف قطرات من محلول حمض الكبريت المركز إلى المحلول المشبع السابق، ما التوقع أن تحدث؟ علل إجابتك، وبيّن إذا كان ذلك يتفق مع قاعدة لوشاتولييه أو لا.

عند إضافة حمض الكبريت يزداد تركيز أيونات الكبريت فيصبح $Q > Ksp$ فتترسب كمية من الملح وفق قاعدة لوشاتولييه ويرجح التفاعل العكسي

#فريق_مُحزة_التعليمي

د. رواد شريف

2026/3/16

1:56 AM

إعداد الأستاذ أحمد