القسم(3)
استعمال ثوابت الاتزان

أولاً : حساب التراكيز عند الاتزان :

السؤال إذا كانت قيمة $K_{eq} = 0.110$ للاتزان التالي عند درجة حرارة معينة، وكانت قيم $[I_2]= 0.033M$، $[Cl_2]=0.22M$؛ فما تركيز ICl عند الاتزان؟

$$2ICl_{(g)} \rightleftharpoons I_{2(g)} + Cl_{2(g)}$$ ،

$[ICl] = 0.257\ mol/L$

مثال 4-4

حساب تراكيز الاتزان يتفكك كبريتيد الهيدروجين الذي يتميز برائحة كريهة تشبه رائحة البيض الفاسد عند 1405 K إلى هيدروجين وجزيء كبريت بحسب المعادلة الآتية: $2H_2S_{(g)} \rightleftharpoons 2H_{2(g)} + S_{2(g)}$

ما تركيز غاز الهيدروجين عند الاتزان إذا كان ثابت الاتزان يساوي 2.27×10^{-3} وتركيز $[H_2S] = 0.184\ mol/L$، و $[S_2] = 0.0540\ mol/L$؟

(ج : 0.0377 mol / L)

19. تحفيز في التفاعل العام $A+B \rightleftharpoons C+D$ إذا سُمح لـ 1.0 mol / L من A بالتفاعل مع 1.0 mol / L من B في دورق حجمه 1L إلى أن يصلا إلى حالة اتزان. فإذا كان تركيز A عند الاتزان 0.450 mol / L، فما تراكيز المواد الأخرى عند الاتزان؟ وما قيمة K_{eq}؟

19. $K_{eq} = 1.49$

ثانياً : ثابت حاصل الذائبية K_{SP} : هو ناتج ضرب تراكيز الأيونات الذائبة ، كلٍ منها مرفوع لأس يساوي معاملها في المعادلة الكيميائية

مثال :

$$Mg(OH)_{2(s)} \rightleftharpoons Mg^{2+}_{(aq)} + 2OH^{-}_{(aq)}$$

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

س : اكتب قانون حاصل الذائبية لما يلي :

أ – $Cd(OH)_2$

ب – Ag_2CrO_4

ج – $Al(OH)_3$

د – Ag_3PO_4

د – Bi_2S_3

ملاحظة هامة : ثابت حاصل الإذابة للمركبات قليلة الذوبان عند درجة حرارة 298K غالباً ما تكون أرقام صغيرة ، لأن ما يذوب من الراسب قليل جداً ، ويختلف من راسب لآخر

الجدول 3-4 ثوابت حاصل الذائبية عند 298 K

المركب	K_{sp}	المركب	K_{sp}	المركب	K_{sp}
الكربونات		الهاليدات		الهيدروكسيدات	
$BaCO_3$	2.6×10^{-9}	CaF_2	3.5×10^{-11}	$Al(OH)_3$	4.6×10^{-33}
$CaCO_3$	3.4×10^{-9}	$PbBr_2$	6.6×10^{-6}	$Ca(OH)_2$	5.0×10^{-6}
$CuCO_3$	2.5×10^{-10}	$PbCl_2$	1.7×10^{-5}	$Cu(OH)_2$	2.2×10^{-20}
$PbCO_3$	7.4×10^{-14}	PbF_2	3.3×10^{-8}	$Fe(OH)_2$	4.9×10^{-17}
$MgCO_3$	6.8×10^{-6}	PbI_2	9.8×10^{-9}	$Fe(OH)_3$	2.8×10^{-39}
Ag_2CO_3	8.5×10^{-12}	$AgCl$	1.8×10^{-10}	$Mg(OH)_2$	5.6×10^{-12}
$ZnCO_3$	1.5×10^{-10}	$AgBr$	5.4×10^{-13}	$Zn(OH)_2$	3×10^{-17}
Hg_2CO_3	3.6×10^{-17}	AgI	8.5×10^{-17}	الكبريتات	
الكرومات		الفوسفات		$BaSO_4$	1.1×10^{-10}
$BaCrO_4$	1.2×10^{-10}	$AlPO_4$	9.8×10^{-21}	$CaSO_4$	4.9×10^{-5}
$PbCrO_4$	2.3×10^{-13}	$Ca_3(PO_4)_2$	2.1×10^{-33}	$PbSO_4$	2.5×10^{-8}
Ag_2CrO_4	1.1×10^{-12}	$Mg_3(PO_4)_2$	1.0×10^{-24}	Ag_2SO_4	1.2×10^{-5}

استعمال ثابت حاصل الإذابة : تُعد قيم K_{SP} مهمة لأنه يمكن استعمالها في تحديد ذائبية المركبات قليلة الذوبان

أ – حساب الذائبية المولارية ب – حساب تركيز الأيون ج – توقع الرواسب :

ذائبية المركب : هي كمية المادة التي تتفكك في حجم معين من الماء عند درجة حرارة معينة

أ – حساب الذائبية المولارية & ب – حساب تركيز الأيون

مثال : احسب ذائبية يوديد الفضة AgI (أي عدد مولات AgI التي تذوب في 1L من المحلول) عند 298K علما بأن $K_{SP} = 8.5\times10^{-17}$ ثم احسب تركيز الأيونات

مثال : احسب ذائبية يوديد الفضة $PbCO_3$ (أي عدد مولات $PbCO_3$ التي تذوب في 1L من المحلول) عند 298K علما بأن $K_{SP} = 7.4\times10^{-14}$ ثم احسب تركيز الأيونات

مثال : احسب ذائبية كبريتات الفضة Ag_2SO_4 (أي عدد مولات Ag_2SO_4 التي تذوب في 1L من المحلول) عند 298K علما بأن $K_{SP} = 1.2\times10^{-5}$ ثم احسب تركيز الأيونات

مثال : احسب ذائبية فوسفات المغنسيوم $Mg_3(PO_4)_2$ (أي عدد مولات $Mg_3(PO_4)_2$ التي تذوب في 1L من المحلول) عند 298K علما بأن $K_{SP} = 1.0\times10^{-24}$ ثم احسب تركيز الأيونات

مثال : احسب ذائبية فوسفات المغنسيوم Ag_3PO_4 (أي عدد مولات Ag_3PO_4 التي تذوب في 1L من المحلول)عند 298K علما بأن $K_{SP} = 2.6\times10^{-18}$ ثم احسب تركيز الأيونات

21. تحفيز إذا علمت أن K_{sp} لكربونات الرصاص $PbCO_3$ يساوي 7.40×10^{-14} عند 298 K، فما ذائبية كربونات الرصاص g/L؟

$s = 7.27\times10^{-5}$ g/L.21

$K_{sp} = 1.7\times10^{-10}$.24

24. تحفيز إذا كانت ذائبية كلوريد الفضة $AgCl = 1.86\times10^{-4}$ g/100 g في الماء عند درجة حرارة 298 K. احسب K_{sp} لـ AgCl.

ج – توقع الرواسب :

الحاصل الأيوني Q_{SP} : هو حاصل ضرب تراكيز الأيونات ***التي يمكن أن تكون موجودة*** في محلول مركب أيوني

بينما ثابت حاصل الذائبية K_{SP} : هو ناتج ***ضرب تراكيز الأيونات الذائبة*** ، كل منها مرفوع لأس يساوي معاملها في المعادلة الكيميائية

حالات توقع تكوّن الرواسب :

أ – إذا كان $Q_{SP} > K_{SP}$ فإن المحلول مشبع ، و يتكون راسب (ويكون النظام في حالة اتزان)

ب – إذا كان $Q_{SP} < K_{SP}$ فإن المحلول غير مشبع ، ولا يتكون راسب

ج – إذا كان $Q_{SP} = K_{SP}$ فإن المحلول مشبع ، ولا يحدث تغير

مثال 4-7

توقع تكون راسب توقع ما إذا سيتكون راسب $PbCl_2$ عند إضافة 100 mL من 0.0100 M NaCl إلى 100 mL من 0.0200 M $Pb(NO_3)_2$ علمًا بأن K_{sp} للمركب يساوي 1.7×10^{-5}.

مسائل تدريبية

25. استعمل قيم K_{sp} من **الجدول 3–4** لتتوقع ما إذا سيتكون راسب عند خلط كميات متساوية من المحاليل الآتية:

a. 0.030 M NaF و 0.10 M $Pb(NO_3)_2$

b. 0.010 M $AgNO_3$ و 0.25 M K_2SO_4

26. تحفيز هل يتكون راسب عند إضافة 250 mL من 0.20 M $MgCl_2$ إلى 750 mL من 0.0025 M NaOH ؟

مسائل تدريبية

25. a. يتكون راسب من PbF_2 لأن: $Q_{sp} > K_{sp}$

b. لا يتكون راسب لأن $Q_{sp} < K_{sp}$

26. سيتكون راسب

د – تأثير الأيون المشترك :

الأيون المشترك : هو أيون يدخل في تركيب اثنين أو أكثر من المركبات الأيونية .

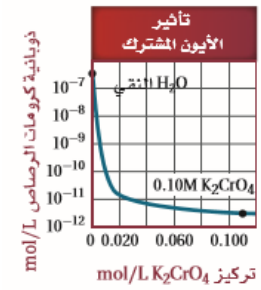
أو هو أيون يزيد من عملية الترسيب ، ويقلل من عملية الذوبان

س1 : ماذا يحدث عند إضافة محلول $Pb(NO_3)_2$ إلى محلول مشبع من $PbCrO_4$ مع كتابة المعادلات والتفسير

الشكل 4-21 يوضح تأثير إضافة أيونات الكرومات في ذائبية كرومات الرصاص. عند إضافة أيونات Pb^{2+} في صورة نترات الرصاص $Pb(NO_3)_2$ فإنها تؤثر أيضًا في ذائبية كرومات الرصاص. في الصورة a، $PbCrO_4(s)$ في حالة اتزان مع أيوناته في المحلول. في الصورة b، يتأثر الاتزان عند إضافة $Pb(NO_3)_2$، مما يؤدي إلى تكون المزيد من راسب $PbCrO_4$.

تطبيق : عند عمل أشعة سينية للجهاز الهضمي ، يتناول المريض كمية من كبريتات الباريوم $BaSO_4$ ، وأيونات الباريوم المذابة لها سُميّة تهدد صحة المريض إذا لم يتم التخلص منها . إن إضافة كمية من كبريتات الصوديوم يقلل من انتشار أيون الباريوم السام ، وضح ذلك بالمعادلات والشرح .

ناقش بالمعادلات :



H_2O النقي : $[Pb^{2+}] = 4.8 \times 10^{-7}$ mol/L

$[CrO_4^{2-}] = 4.8 \times 10^{-7}$ mol/L

0.10M K_2CrO_4: $[Pb^{2+}] = 2.3 \times 10^{-12}$ mol/L

$[CrO_4^{2-}] = 1.00 \times 10^{-1}$ mol/L

الشكل 4-20 تقل ذائبية كرومات الرصاص كلما زاد تركيز محلول كرومات البوتاسيوم الذائبة فيه. التغير ناتج عن وجود أيون CrO_4^{2-} في كل من كرومات الرصاص وكرومات البوتاسيوم.

اختبار الرسم البياني؟

تحقق أنّ K_{sp} لا يتغير مع زيادة تركيز كرومات البوتاسيوم.