

บทที่ 7

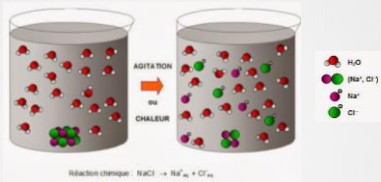
การวิเคราะห์โดยการแยก

ผศ.ดร.ศิริรัตน์ ไพศาลสุทธิชัย



1. การแยกสารผสมที่เป็นของแข็ง

Solubility: like dissolute like



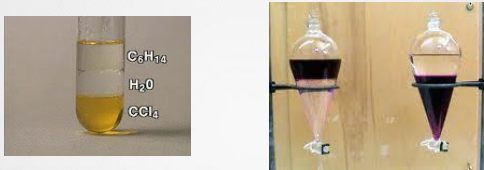
Reaction chimique: $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+_{\text{aq}} + \text{Cl}^-_{\text{aq}}$

<http://mundodabioquimica.blogspot.com/2013/09/interacoes-nao-covalentes-parte2.html>



2. การแยกสารผสมที่เป็นของเหลว

Evaporation, precipitation, extraction
distillation, reflux

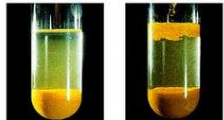
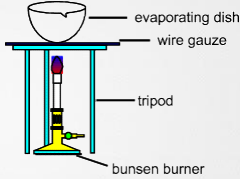


<http://kaylyndawkins.blogspot.com/2006/01/like-dissolves-like.html>
<http://chemdemos.uoregon.edu/demos/Like-Dissolves-Like>



3. การแยกสารผสมที่เป็นของแข็งกับของเหลว

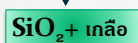
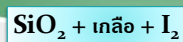
Evaporation, extraction

<http://myxc.weebly.com/21/post/2013/03/solubility.html>
<http://sciencepark.etacube.com/projects/separations/separation2.php>



การแยกสารผสมที่เป็นของแข็ง



solubility

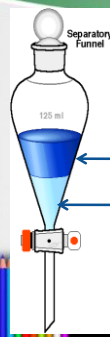


evaporation



5

1. การแยกโดยการสกัดด้วยตัวทำละลาย



$$K_d = \frac{[A]_{org}}{[A]_{aq}}$$

ตัวทำละลายชนิดที่ 1

ตัวทำละลายชนิดที่ 2

ไม่ละลายเป็น
เนื้อเดียวกัน

6

$$K_d = \frac{[A]_{org}}{[A]_{aq}}$$

K_d : ค่าคงที่ของสัมประสิทธิ์การกระจาย

K_d



$$[A]_{org} < [A]_{aq}$$

K_d



$$[A]_{org} > [A]_{aq}$$

7

2. การแยกโดยการตกตะกอน

$$K_{sp} = [+][-]$$

K_{sp}

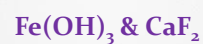


ตกตะกอนได้เร็วกว่า

K_{sp}



ตกตะกอนได้ช้ากว่า



8

Table 7.1 Solubility products of some slightly soluble ionic compounds at 25°C

Compound	K_{sp}	Compound	K_{sp}
Aluminum hydroxide $[Al(OH)_3]$	1.8×10^{-33}	Lead(II) chromate $[PbCrO_4]$	2.0×10^{-14}
Barium carbonate $[BaCO_3]$	8.1×10^{-9}	Lead(II) fluoride $[PbF_2]$	4.1×10^{-8}
Barium fluoride $[BaF_2]$	1.7×10^{-6}	Lead(II) iodide $[PbI_2]$	1.4×10^{-8}
Barium sulfate $[BaSO_4]$	1.1×10^{-10}	Lead(II) sulfide $[PbS]$	3.4×10^{-28}
Bismuth sulfide $[Bi_2S_3]$	1.6×10^{-72}	Magnesium carbonate $[MgCO_3]$	4.0×10^{-5}
Cadmium sulfide $[CdS]$	8.0×10^{-28}	Magnesium hydroxide $[Mg(OH)_2]$	1.2×10^{-11}
Calcium carbonate $[CaCO_3]$	8.7×10^{-9}	Magnesium(II) sulfide $[MgS]$	3.0×10^{-14}
Calcium fluoride $[CaF_2]$	4.0×10^{-11}	Mercury(I) chloride $[Hg_2Cl_2]$	3.5×10^{-18}
Calcium hydroxide $[Ca(OH)_2]$	8.0×10^{-6}	Mercury(II) chloride $[HgCl_2]$	4.0×10^{-14}
Calcium phosphate $[Ca_3(PO_4)_2]$	1.2×10^{-26}	Nickel(II) sulfide $[NiS]$	1.4×10^{-24}
Chromium(III) hydroxide $[Cr(OH)_3]$	3.0×10^{-29}	Silver bromide $[AgBr]$	7.7×10^{-13}
Cobalt(II) sulfide $[CoS]$	4.0×10^{-21}	Silver carbonate $[Ag_2CO_3]$	8.1×10^{-12}
Copper(I) bromide $[CuBr]$	4.2×10^{-8}	Silver chloride $[AgCl]$	1.6×10^{-10}
Copper(I) iodide $[CuI]$	5.1×10^{-12}	Silver iodide $[AgI]$	8.3×10^{-17}
Copper(II) hydroxide $[Cu(OH)_2]$	2.2×10^{-20}	Silver sulfate $[Ag_2SO_4]$	1.4×10^{-5}
Copper(II) sulfide $[CuS]$	6.0×10^{-37}	Silver sulfide $[Ag_2S]$	6.0×10^{-51}
Iron(II) hydroxide $[Fe(OH)_2]$	1.6×10^{-14}	Strontium carbonate $[SrCO_3]$	1.6×10^{-9}
Iron(III) hydroxide $[Fe(OH)_3]$	1.1×10^{-36}	Strontium sulfate $[SrSO_4]$	3.8×10^{-7}
Iron(II) sulfide $[FeS]$	6.0×10^{-18}	Tin(II) sulfide $[SnS]$	1.0×10^{-26}
Lead(II) carbonate $[PbCO_3]$	3.3×10^{-14}	Zinc hydroxide $[Zn(OH)_2]$	1.8×10^{-14}
Lead(II) chloride $[PbCl_2]$	2.4×10^{-4}	Zinc sulfide $[ZnS]$	3.0×10^{-23}

9

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการละลายของตะกอน

การละลายของตะกอนขึ้นอยู่กับค่าผลคูณของการละลาย
(solubility product constant; K_{sp})

สามารถหาค่า K_{sp} ได้โดย "เอาความเข้มข้นของไอออนแต่ละตัวที่จุดสมดุลของปฏิกิริยามาคูณกัน"

10



$$K_{sp} = [M^{y+}]^x [A^{x-}]^y$$

K_{sp} บอกถึงความสามารถในการละลายของสารในตัวทำละลาย(น้ำ) ณ อุณหภูมิหนึ่ง ๆ ถ้า K_{sp} มีค่ามากแสดงว่าละลายได้ดี

สภาพอิ่มตัวของการละลาย

พิจารณาจาก K_{sp} ของ $AgCl = 1.60 \times 10^{-10}$

ถ้า Q เป็นผลคูณของความเข้มข้น (Ion product) = $[Ag^+][Cl^-]$

สมมติ $Q < K_{sp}$ อยู่ในสภาวะไม่อิ่มตัว ไม่ตกตะกอน

$Q = K_{sp}$ อยู่ในสภาวะอิ่มตัวพอดี ไม่ตกตะกอน

$Q > K_{sp}$ เกินสภาวะอิ่มตัว Cation และ Anion บางส่วนรวมกันเกิดตะกอน

12

สภาพละลายได้ (Solubility; S)

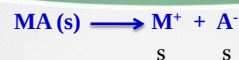
♦ **สภาพการละลาย (Solubility, g/L) :** น้ำหนักของตัวถูกละลายในสารละลายอิ่มตัว 1 ลิตร

♦ **สภาพการละลายเป็นโมลาร์ (Molar solubility, mol/L) :** จำนวนโมล ของตัวถูกละลายในสารละลายอิ่มตัว 1 ลิตร

- การละลายของ CaSO_4 เท่ากับ 12.60 g/L หมายถึงในสารละลายอิ่มตัว 1 L CaSO_4 จะละลายได้ g

13

สภาพละลายได้ของสารมีความสัมพันธ์กับค่า K_{sp} ดังนี้
ให้ S เป็นค่าสภาพละลายได้ของ MA มีหน่วยเป็น mol/dm^3



$$K_{sp} = [\text{M}^+][\text{A}^-] \\ = (\text{S})(\text{S}) = \text{S}^2$$

$$\text{S} = \sqrt{K_{sp}}$$

14

Table 7.2 Relationship between K_{sp} and Molar Solubility (s)

compound	K_{sp}	cation	anion	Relation between K_{sp} and s
AgCl	$[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-]$	s	s	$K_{sp} = s^2$; $s = (K_{sp})^{1/2}$
BaSO_4	$[\text{Ba}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}]$	s	s	$K_{sp} = s^2$; $s = (K_{sp})^{1/2}$
Ag_2CO_3	$[\text{Ag}^+]^2[\text{CO}_3^{2-}]$	2s	s	$K_{sp} = 4s^3$; $s = (K_{sp}/4)^{1/3}$
PbF_2	$[\text{Pb}^{2+}][\text{F}^-]^2$	s	2s	$K_{sp} = 4s^3$; $s = (K_{sp}/4)^{1/3}$
Al(OH)_3	$[\text{Al}^{3+}][\text{OH}^-]^3$	s	3s	$K_{sp} = 27s^4$; $s = (K_{sp}/27)^{1/4}$
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	$[\text{Ca}^{2+}]^3[\text{PO}_4^{3-}]^2$	3s	2s	$K_{sp} = 108s^5$; $s = (K_{sp}/108)^{1/5}$

15

ตัวอย่าง การละลายของ CaSO_4 เท่ากับ 0.67 g/L จงหาค่า K_{sp}



$$[\text{CaSO}_4] = \frac{0.67 \text{ g}}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ mol}}{136.2 \text{ g}} = 4.9 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$[\text{Ca}^{2+}] = [\text{SO}_4^{2-}] = 4.9 \times 10^{-3} \text{ M}$$

$$K_{sp} = [\text{Ca}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] = (4.9 \times 10^{-3})^2$$

$$= \dots\dots\dots$$

16

ตัวอย่าง การละลายของ Ag_2SO_4 เท่ากับ $1.5 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ จงหาค่า K_{sp}



สัดส่วนโดยโมล 1 2 1

$$[\text{Ag}^+] = (2s) = 2 \times 1.5 \times 10^{-2} \text{ M} = 3.0 \times 10^{-2} \text{ M}$$

$$[\text{SO}_4^{2-}] = 1.5 \times 10^{-2} \text{ M}$$

$$K_{sp} = [\text{Ag}^+]^2 [\text{SO}_4^{2-}] = (2s)^2 (s)$$

$$= \dots\dots\dots$$

$$= \dots\dots\dots$$

17

ตัวอย่าง ค่า K_{sp} ของ $\text{Cu}(\text{OH})_2 = 2.2 \times 10^{-20}$ จงหาการละลายของ $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ในหน่วย กรัมต่อลิตร



สมมติ (M): s 2s

$$K_{sp} = [\text{Cu}^{2+}] [\text{OH}^-]^2$$

$$2.2 \times 10^{-20} = s(2s)^2 = 4s^3$$

18



$$s = \sqrt[3]{\frac{2.20 \times 10^{-20}}{4}} = \dots\dots\dots \text{ M}$$

$$\therefore \text{ค่าการละลายของ } \text{Cu}(\text{OH})_2 = \dots\dots\dots$$

$$= \dots\dots\dots \text{ g/L}$$

19

แบบฝึกหัด

1. จงหาค่าการละลายของสารต่อไปนี้

1.1 CaF_2 K_{sp} เท่ากับ 4.90×10^{-11} (Ca; AW. = 40.08, F=18.99)

1.2 PbCl_2 K_{sp} เท่ากับ 1.60×10^{-5} (Pb; AW. = 207.19, Cl= 35.45)

2. จงหาค่าคงที่ของการละลายของสาร (K_{sp})ต่อไปนี้

2.1 PbCrO_4 (MW. = 325.84 g/mol) มีค่าการละลายเท่ากับ 0.04372 มิลลิกรัมต่อลิตร

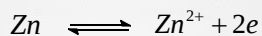
2.2 Hg_2I_2 (Hg; AW. = 200.59, I= 126.90) มีค่าการละลายเท่ากับ 1.34×10^{-5} กรัมต่อ 500 มิลลิลิตร

20

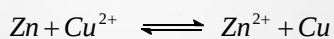
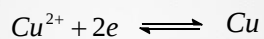
3. การแยกโดยวิธีอิเล็กโทรไลซิส

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน หรือปฏิกิริยารีดอกซ์ (Redox)

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (ขั้วแอโนด: บวก)



ปฏิกิริยารีดักชัน (ขั้วแคโทด: ลบ)



21

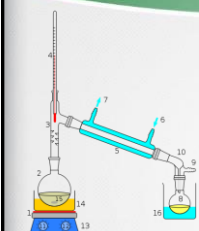


กัลวานิกเซลล์



tapt.com

4. การแยกโดยการทำให้เป็นไอ



https://www.youtube.com/watch?v=bDoaPIKT_Xg

http://chemwiki.ucdavis.edu/@api/deki/files/9820/-392px-Simple_distillation_apparatus.svg.png

23

tapt.com

5. การแยกโดยวิธีโครมาโทกราฟี

Mobile phase : ก๊าซ ของเหลว

Stationary phase : ของแข็ง ของเหลว

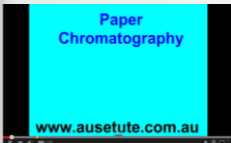
Solubility: like dissolve like



<http://www.arvindguptatoys.com/toys/Chromatography.html>

24

tapt.com



Paper Chromatography
www.auasetute.com.au



25

การแยกโดยวิธีโครมาโทกราฟี

ตามชนิดของเฟสเคลื่อนที่

ตามชนิดของตัวยัด

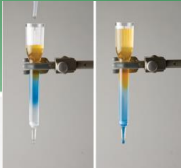
- LC (liquid chromatography)
 - plane
PP, TLC
 - column
GC, HPLC, IC
- GC (gas chromatography)



26

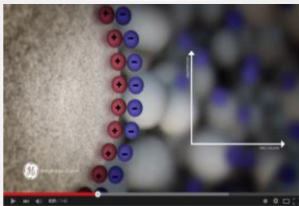


A Researcher Separates Natural Products From Plant Material




27

The Principle of Ion Exchange Chromatography



28

