บทที่ 7

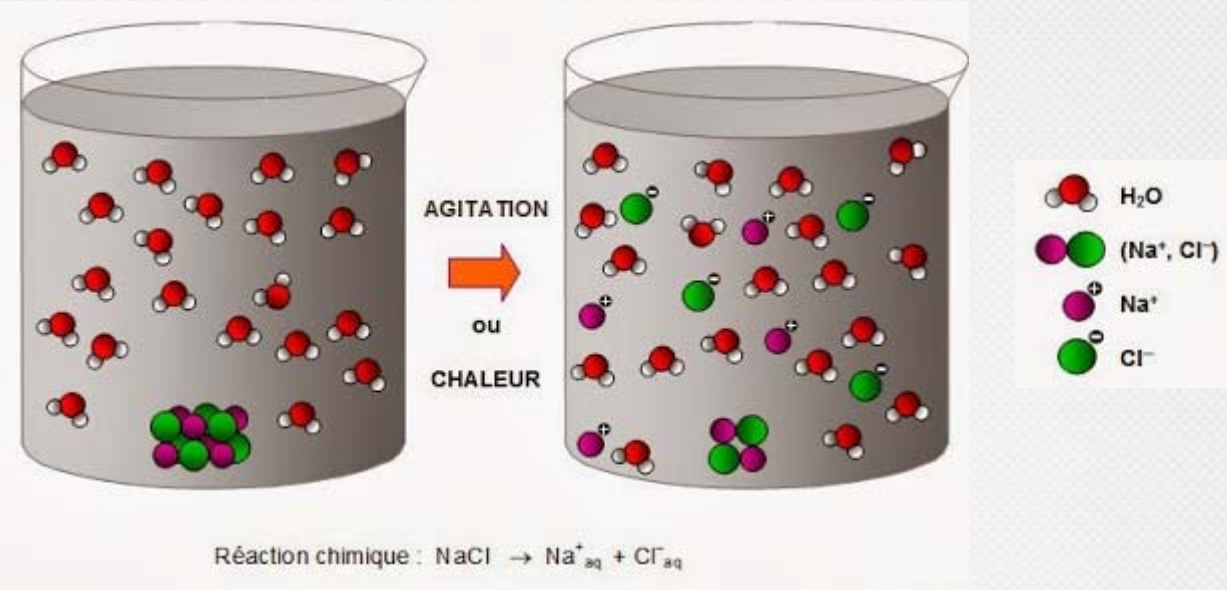
การวิเคราะห์โดยการแยก

ผศ.ดร.ศิริรัตน์ ไพศาลสุทธิชล

fppt.com

1. การแยกสารผสมที่เป็นของแข็ง

Solubility: like dissolute like

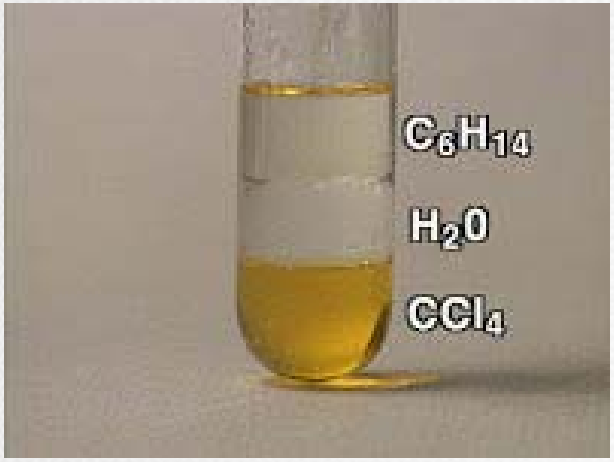


http://mundodabioquimica.blogspot.com/2013/09/interacoes-nao-covalentes-parte2.html

fppt.com

2. การแยกสารผสมที่เป็นของเหลว

Evaporation, precipitation, extraction
distillation, reflux



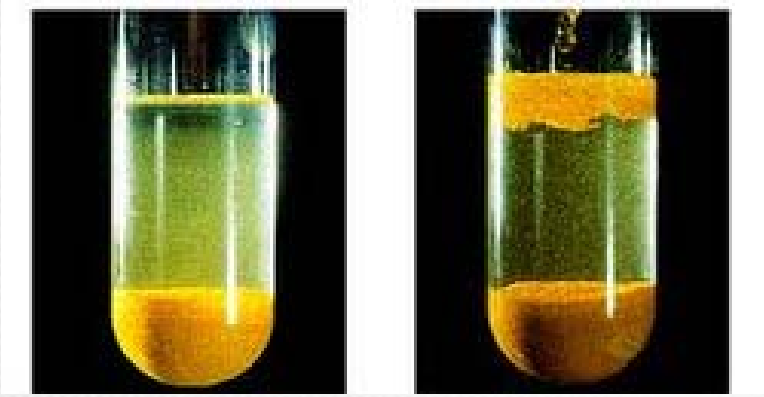
http://kaylyndawkins.blogspot.com/2010/01/like-dissolves-like.html

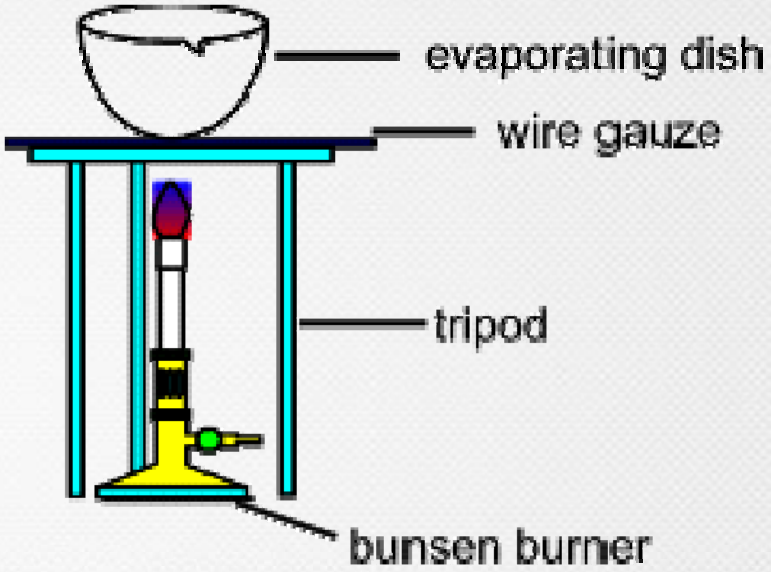
http://chemdemos.uoregon.edu/demos/Like-Dissolves-Like

fppt.com

3. การแยกสารผสมที่เป็นของแข็งกับของเหลว

Evaporation, extraction



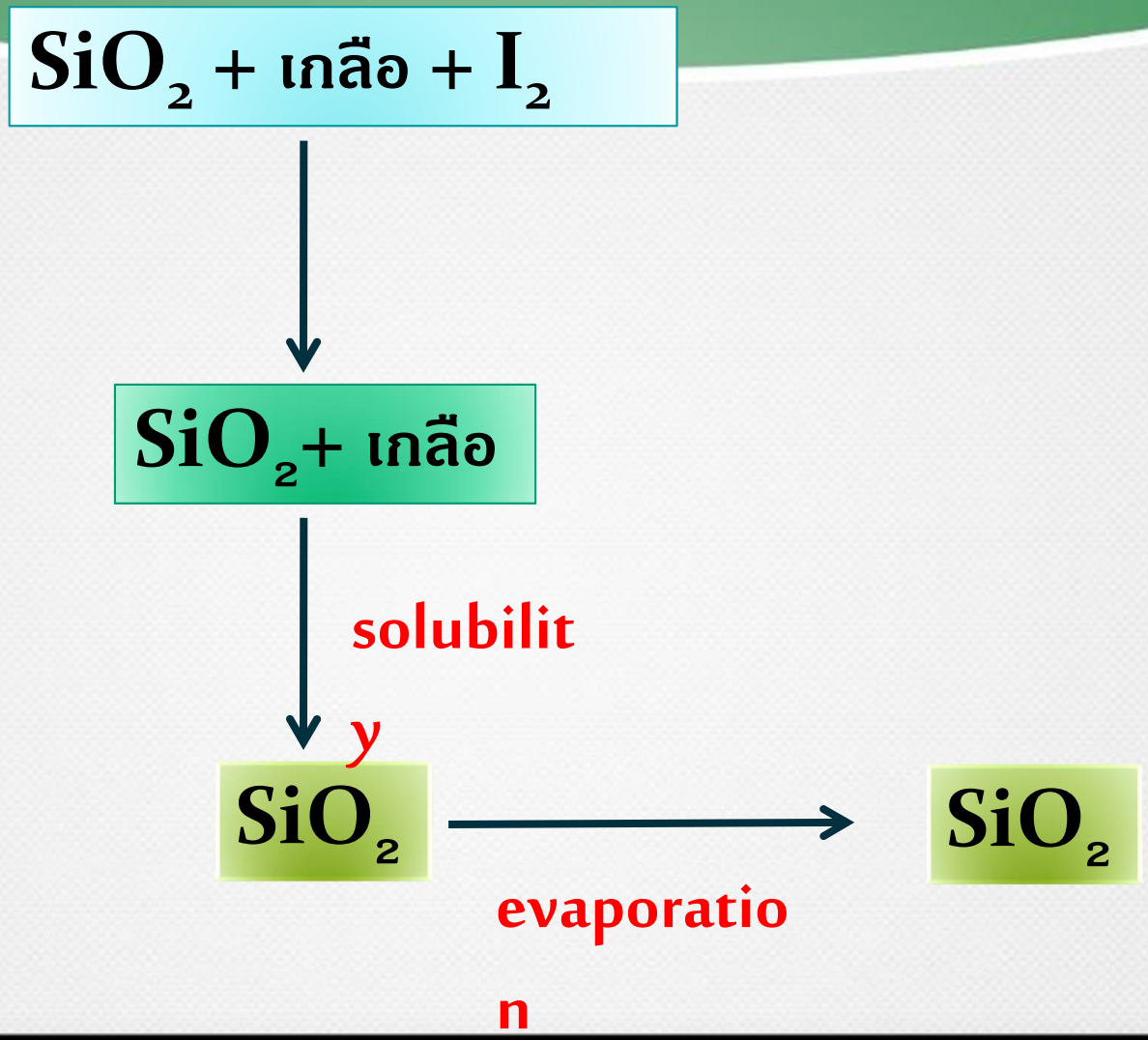


http://myxc.weebly.com/21/post/2013/03/solubility.html

http://sciencepark.etacude.com/projects/separations/separation2.php

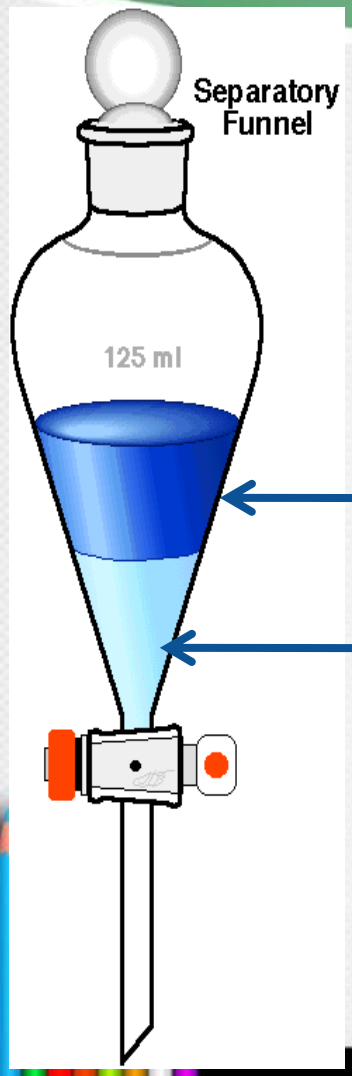
fppt.com

การแยกสารผสมที่เป็นของแข็ง



fppt.com

1.การแยกโดยการสกัดด้วยตัวทำละลาย



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

ตัวทำละลายชนิดที่ 1

ตัวทำละลายชนิดที่ 2

ไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน

fppt.com

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

K_d : **ค่าคงที่ของสัมประสิทธิ์การกระจาย**

K_d ↓ $[A]_{org} < [A]_{aq}$

K_d ↑ $[A]_{org} > [A]_{aq}$

fppt.com

2. การแยกโดยการตกตะกอน

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

K_{sp} ⇧ ตกตะกอนได้เร็วกว่า

K_{sp} ⇩ ตกตะกอนได้ช้ากว่า

BaF & $BaSO_4$

fppt.com

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^{-3}
Cadmium sulfide (CdS)	8.0×10^{-28}	Magnesium hydroxide [$Mg(OH)_2$]	1.2×10^{-11}
Calcium carbonate ($CaCO_3$)	8.7×10^{-9}	Manganese(II) sulfide (MnS)	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) sulfide (HgS)	4.0×10^{-54}
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^{-19}	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}

fppt.com

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการละลายของตะกอน

การละลายของตะกอนขึ้นอยู่กับค่าผลคูณของการละลาย (solubility product constant; K_{sp})

สามารถหาค่า K_{sp} ได้โดย “เอาความเข้มข้นของไอออนแต่ละตัวที่จุดสมดุลของปฏิกิริยามาคูณกัน”

fppt.com

$$M_xA_y \longrightarrow xM^{y+} + yA^{x-}$$

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

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

fppt.com

สภาพอิ่มตัวของการละลาย

พิจารณาจาก K_{sp} ของ AgCl = 1.60×10^{-10}

ถ้า Q เป็น*ผลคูณของความเข้มข้น* (Ion product) = $[Ag^+][Cl^-]$

สมมติ $Q < K_{sp}$ อยู่ในสภาวะไม่อิ่มตัว ไม่ตกตะกอน

$Q = K_{sp}$ อยู่ในสภาวะอิ่มตัวพอดี ไม่ตกตะกอน

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

fppt.com

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 หมายถึง**
  ในสารละลายอิ่มตัว 1 L $CaSO_4$ จะละลายได้ ..... g

fppt.com

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

$$MA(s) \longrightarrow \underset{s}{M^+} + \underset{s}{A^-}$$

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

$$= (S)(S) = S^2$$

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

fppt.com

Table 7.2 Relationship between Ksp and Molar Solubility (s)

compound	Ksp	cation	anion	Relation between Ksp and s
$AgCl$	$[Ag^+][Cl^-]$	s	s	$Ksp = s^2$; $s = (Ksp)^{1/2}$
$BaSO_4$	$[Ba^{2+}][SO_4^{2-}]$	s	s	$Ksp = s^2$; $s = (Ksp)^{1/2}$
Ag_2CO_3	$[Ag^+]^2[CO_3^{2-}]$	2s	s	$Ksp = 4s^3$; $s = (Ksp/4)^{1/3}$
PbF_2	$[Pb^{2+}][F^-]^2$	s	2s	$Ksp = 4s^3$; $s = (Ksp/4)^{1/3}$
$Al(OH)_3$	$[Al^{3+}][OH^-]^3$	s	3s	$Ksp = 27s^4$; $s = (Ksp/27)^{1/4}$
$Ca_3(PO_4)_2$	$[Ca^{2+}]^3[PO_4^{3-}]^2$	3s	2s	$Ksp = 108s^5$; $s= (Ksp/108)^{1/5}$

fppt.com

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

$$CaSO_4\,(s) \rightleftharpoons Ca^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)$$

$$[CaSO_4] = \frac{0.67\ g}{1\ L} \times \frac{1\ mol}{136.2\ g} = 4.9 \times 10^{-3}\ mol/L$$

$$[Ca^{2+}] = [SO_4^{2-}] = 4.9 \times 10^{-3}\ M$$

$$K_{sp} = [Ca^{2+}][SO_4^{2-}] = (4.9 \times 10^{-3})^2$$

=.....

fppt.com

ตัวอย่าง การละลายของ Ag_2SO_4 เท่ากับ $1.5x10^{-2}$ mol/L จงหาค่า K_{sp}

$$AgSO_4\,(s) \rightleftharpoons 2Ag^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$$

สัดส่วนโดยโมล 1 2 1

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

$$[SO_4^{2-}] = 1.5 \times 10^{-2}\ M$$

$$K_{sp} = [Ag^+]^2 [SO_4^{2-}] = (2s)^2(s)$$

$$= .....$$

$$= .....$$

fppt.com

ตัวอย่าง ค่า K_{sp} ของ $Cu(OH)_2 = 2.2x10^{-20}$ จงหาการละลายของ $Cu(OH)_2$ ในหน่วย กรัมต่อลิตร

$$Cu(OH)_2\,(s) \rightleftharpoons Cu^{2+}\,(aq) + 2OH^-\,(aq)$$

สมดุล (M): s 2s

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

$$2.2x10^{-20} = s(2s)^2 = 4s^3$$

fppt.com

$$Cu(OH)_2\,(s) \rightleftharpoons Cu^{2+}\,(aq) + 2OH^-\,(aq)$$

$$s = \sqrt[3]{\frac{2.20x10^{-20}}{4}} = \text{.....} \text{ M}$$

∴ ค่าการละลายของ $Cu(OH)_2$ = ...

= .....g/L

fppt.com

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)

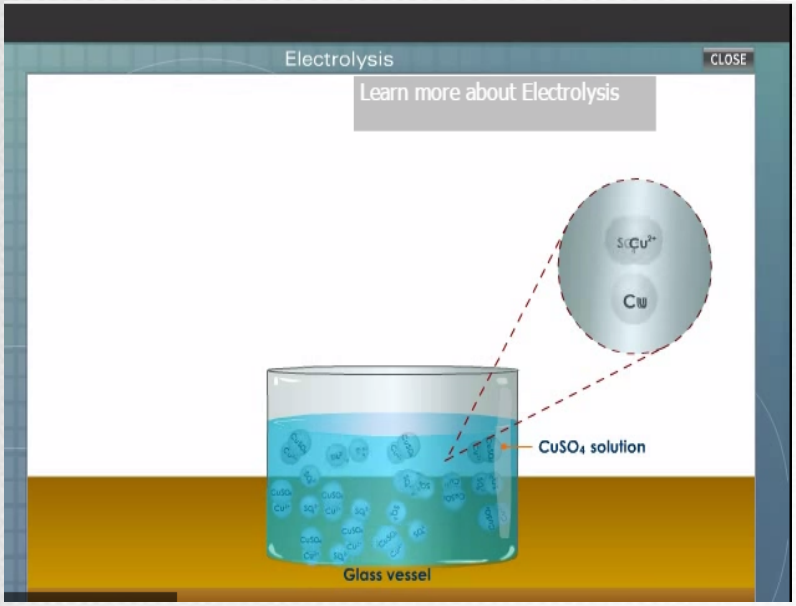
2. จงหาค่าคงที่ของการละลายของสาร (K_{sp})ต่อไปนี้

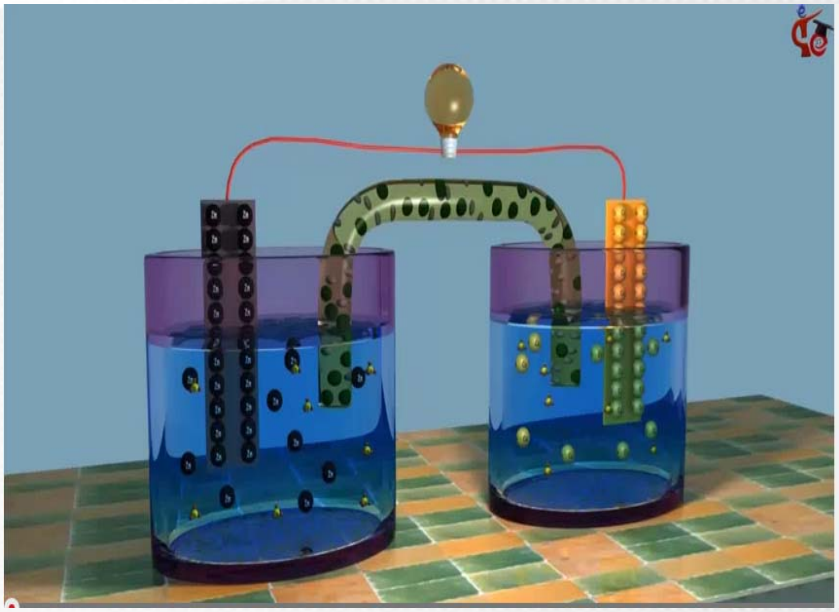
2.1 $PbCrO_4$ (MW. = 325.84 g/mol) มีค่าการละลายเท่ากับ 0.04372 มิลลิกรัมต่อลิตร

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

fppt.com

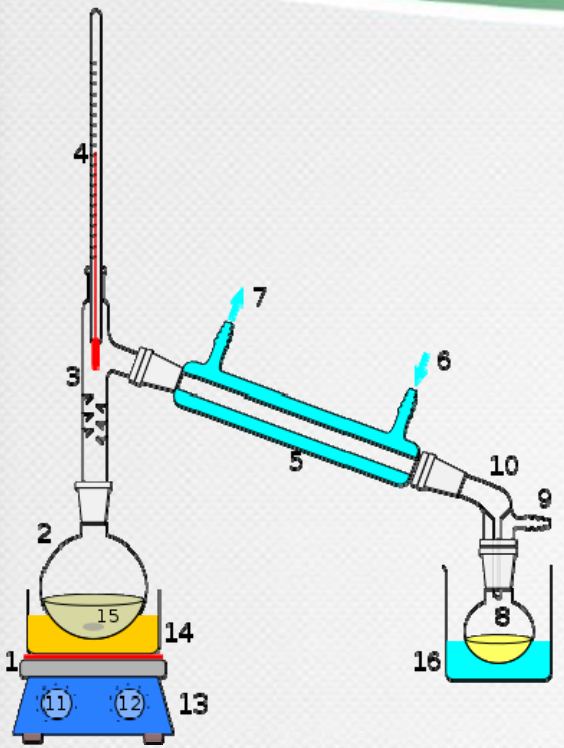
3. การแยกโดยวิธีอิเล็กโตรไลซีส

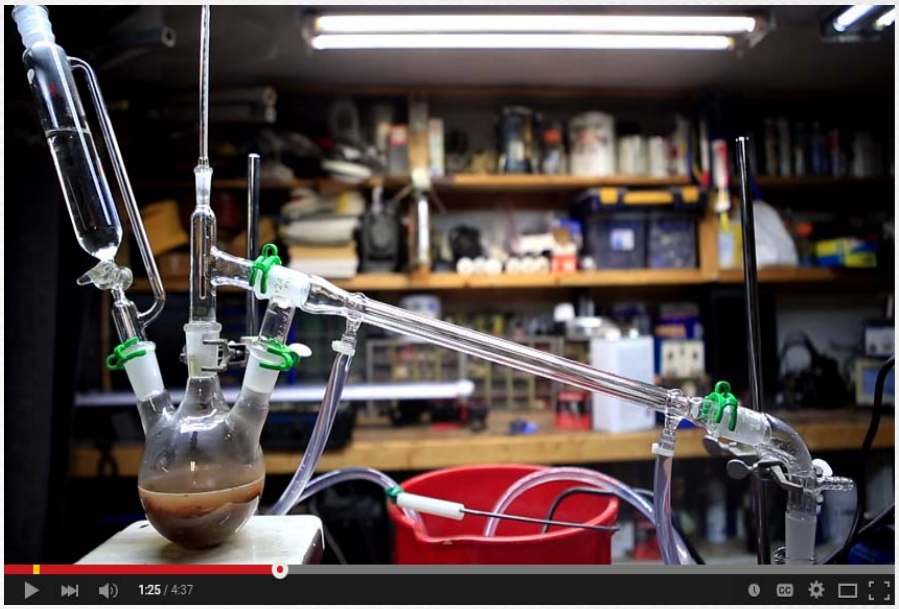




fppt.com

4. การแยกโดยการทำให้เป็นไอ





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

http://chemwiki.ucdavis.edu/@api/deki/files/3820/=392px-Simple_distillation_apparatus.svg.png

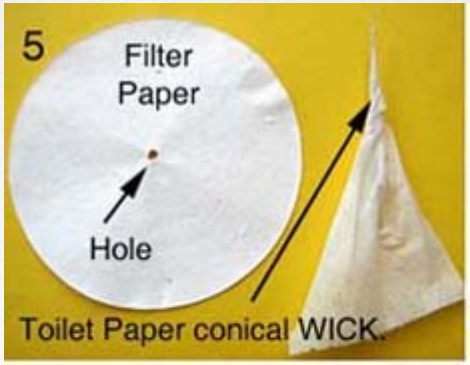
fppt.com

5. การแยกโดยวิธีโครมาโทกราฟี

Mobile phase : ก๊าซ ของเหลว

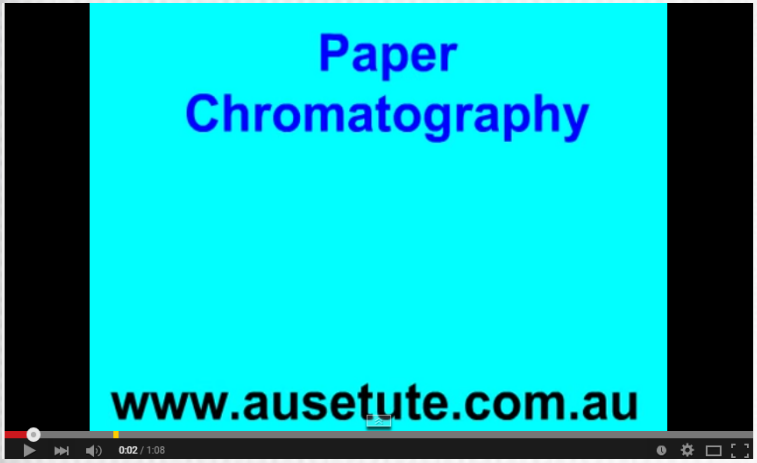
Stationary phase : ของแข็ง ของเหลว

Solubility: like dissolute like



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

fppt.com


Paper
Chromatography
www.ausetute.com.au
0:02 / 1:08

Pakistan Science Club
please visit www.paksc.org
1:13 / 4:10

fppt.com

การแยกโดยวิธีโครมาโทกราฟี

ตามชนิดของเฟสเคลื่อนที่

1. LC (liquid chromatography)

2. GC (gas chromatography)

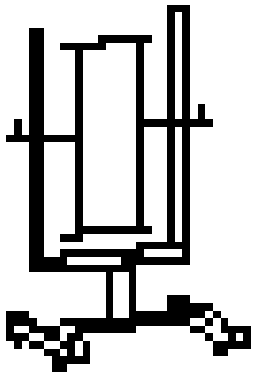
ตามชนิดของตัวยึด

1. plane

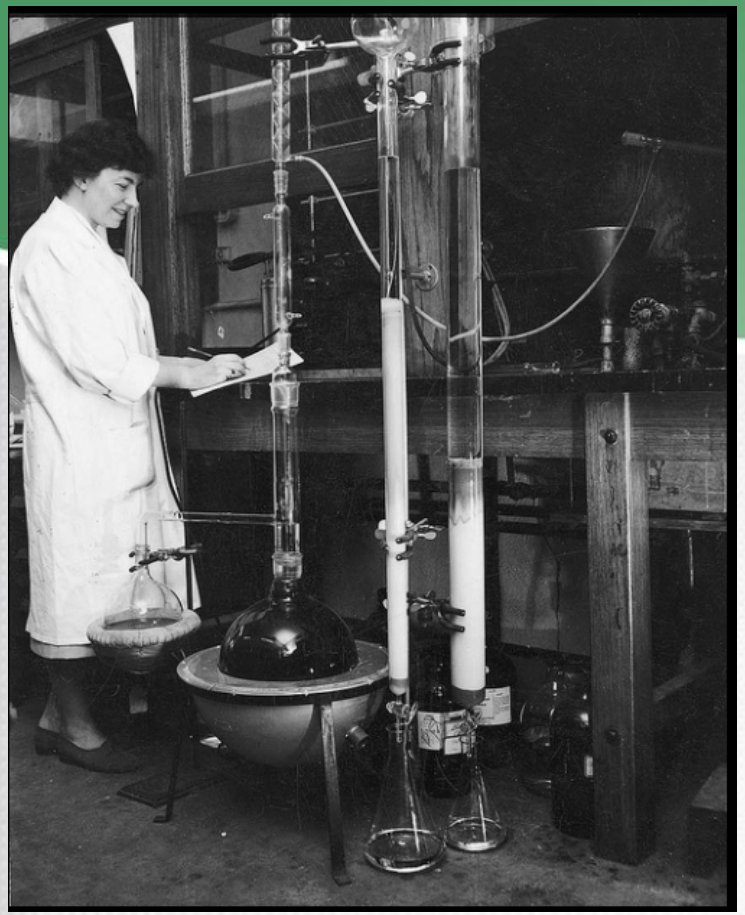
PP, TLC

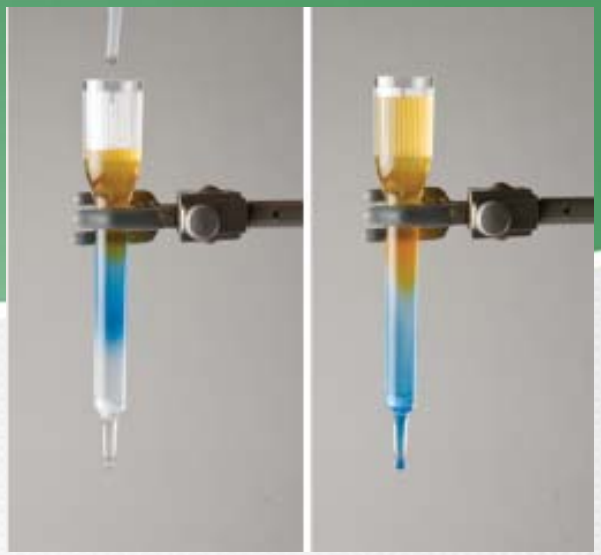
2. column

GC, HPLC, IC



fppt.com





A Researcher Separates Natural Products From Plant Material

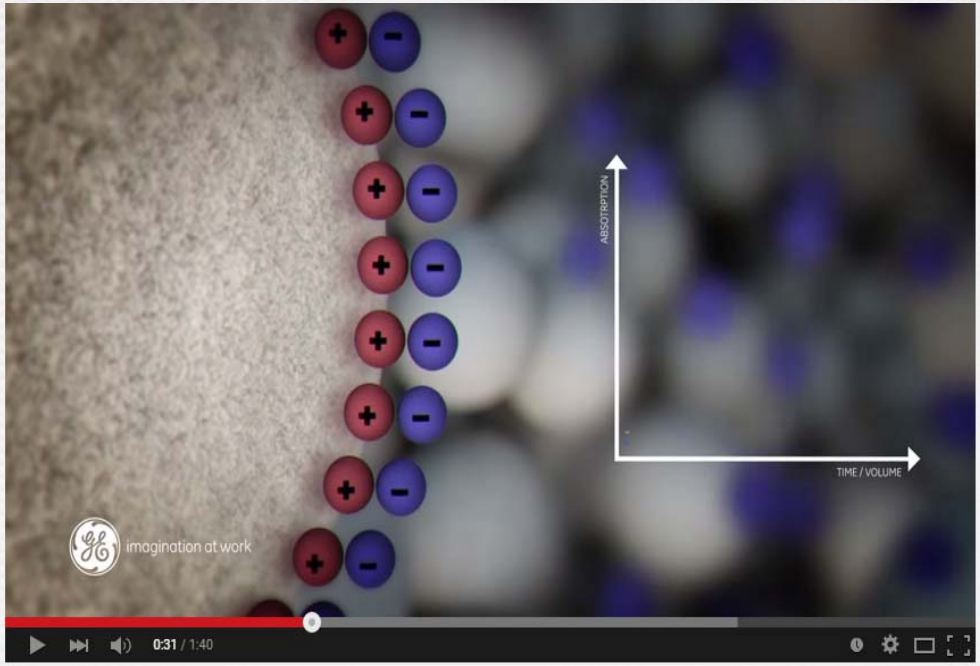
https://www.youtube.com/watch?v=mxi3z2vDV_o

http://www.biotek.com.au/blog/feature-articles/

http://www.flickr.com/photos/isuspecialcollections/7537734212/in/photostream/

fppt.com

The Principle of Ion Exchange Chromatography



fppt.com

จบการบรรยาย

fppt.com