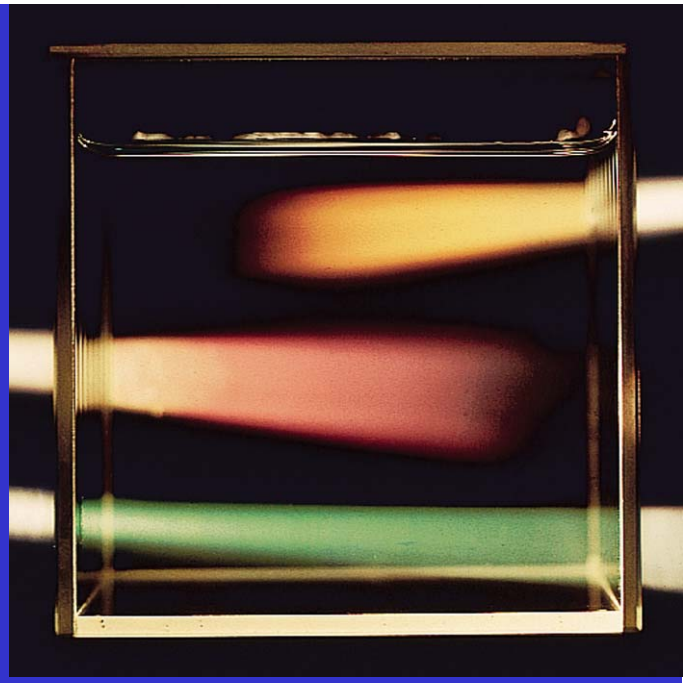


สมบัติทางกายภาพของสารละลาย
Physical Properties of Solutions

อ.ดร.อภิชาติ อิ่มยิ้ม

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สมบัติทางกายภาพของสารละลาย

- ชนิดของสารละลาย
- กระบวนการละลาย
- ปัจจัยที่มีผลต่อการละลาย
- การบอกความเข้มข้นของสารละลาย
- สมบัติคอลลิเกตีฟของสารละลาย

  ความดันไอ จุดเดือด จุดเยือกแข็ง

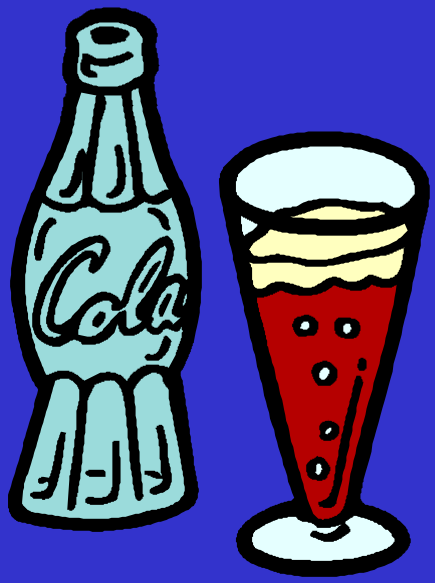
  ความดันออสโมติก
- เทคนิคการแยกตัวละลายออกจากสารละลาย
- คอลลอยด์

สารละลาย (Solution)

คือ สารเนื้อเดียวที่มีสารตั้งแต่ 2 ชนิดเป็นองค์ประกอบ

ตัวละลาย หรือตัวถูกละลาย (*Solute*)
คือสารที่มีปริมาณน้อยกว่า

ตัวทำละลาย *(Solvent)*
คือสารที่มีปริมาณมากกว่า



ชนิดของสารละลาย

Table 12.1 Types of Solutions

Component 1	Component 2	State of Resulting Solution	Examples
Gas	Gas	Gas	Air
Gas	Liquid	Liquid	Soda water (CO_2 in water)
Gas	Solid	Solid	H_2 gas in palladium
Liquid	Liquid	Liquid	Ethanol in water
Solid	Liquid	Liquid	NaCl in water
Solid	Solid	Solid	Brass (Cu/Zn), solder (Sn/Pb)

สารละลายอิ่มตัว (*saturated solution*) ประกอบด้วยตัวละลายที่มีปริมาณมากที่สุดที่สามารถละลายได้ในตัวทำละลายปริมาณหนึ่ง และที่อุณหภูมิที่กำหนด

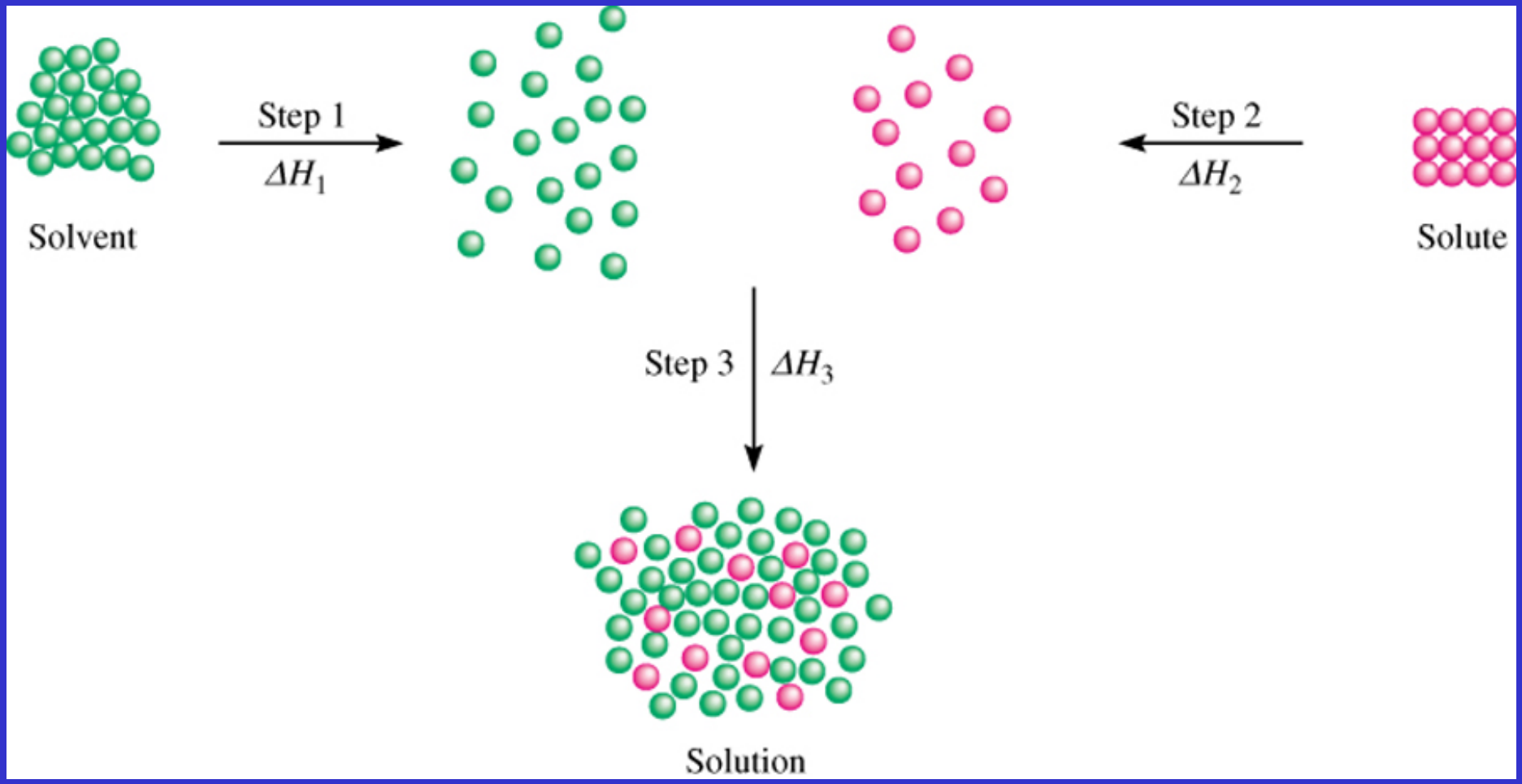
สารละลายไม่อิ่มตัว (*unsaturated solution*) ประกอบด้วยตัวละลายปริมาณน้อยกว่าในสารละลายอิ่มตัว

สารละลายอิ่มตัวยิ่งยวด (*supersaturated solution*) ประกอบด้วยตัวละลายปริมาณมากกว่าในสารละลายอิ่มตัว

Ex. สารละลายโซเดียมอะซีเตตอิ่มตัวยิ่งยวด (supersaturated solution of sodium acetate)

อันตรกิริยา (Interaction) 3 แบบของกระบวนการเกิดสารละลาย:

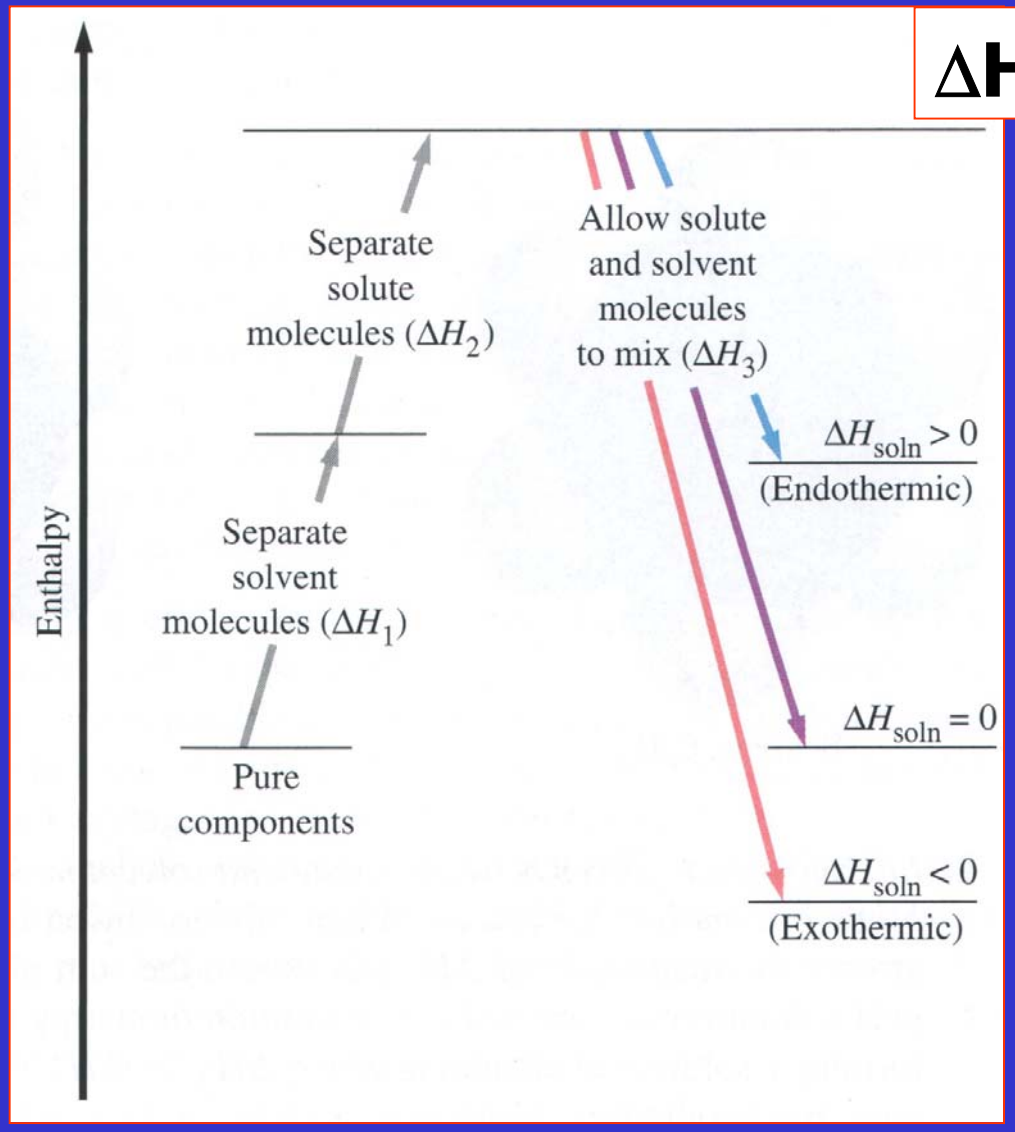
- solvent-solvent interaction
- solute-solute interaction
- solvent-solute interaction



$$\Delta H_{soln} = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$$

ความร้อนของการละลาย (Entalpy of solution)

$$\Delta H_{soln} = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$$



$\Delta H_{soln} > 0$
กระบวนการดูดความร้อน

$\Delta H_{soln} < 0$
กระบวนการคายความร้อน

"like dissolves like"

สาร 2 ชนิดที่มีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล (*intermolecular* forces) แบบเดียวกัน ชอบที่จะละลายซึ่งกันและกัน

- โมเลกุลไม่มีขั้ว (non-polar molecules) ละลายในตัวทำละลายไม่มีขั้ว (non-polar solvents) เช่น CCl_4 ใน C_6H_6
- โมเลกุลมีขั้ว (polar molecules) ละลายในตัวทำละลายมีขั้ว(polar solvents) เช่น C_2H_5OH ใน H_2O
- สารประกอบไอออนิก (ionic compounds) ละลายได้ดีในตัวทำละลายมีขั้ว เช่น NaCl ใน H_2O หรือ NH_3 *(l)*

ไอโอดีน (I_2) ละลายได้ดีในเบนซีน (C_6H_6) หรือ น้ำ (H_2O)

เบนซีน

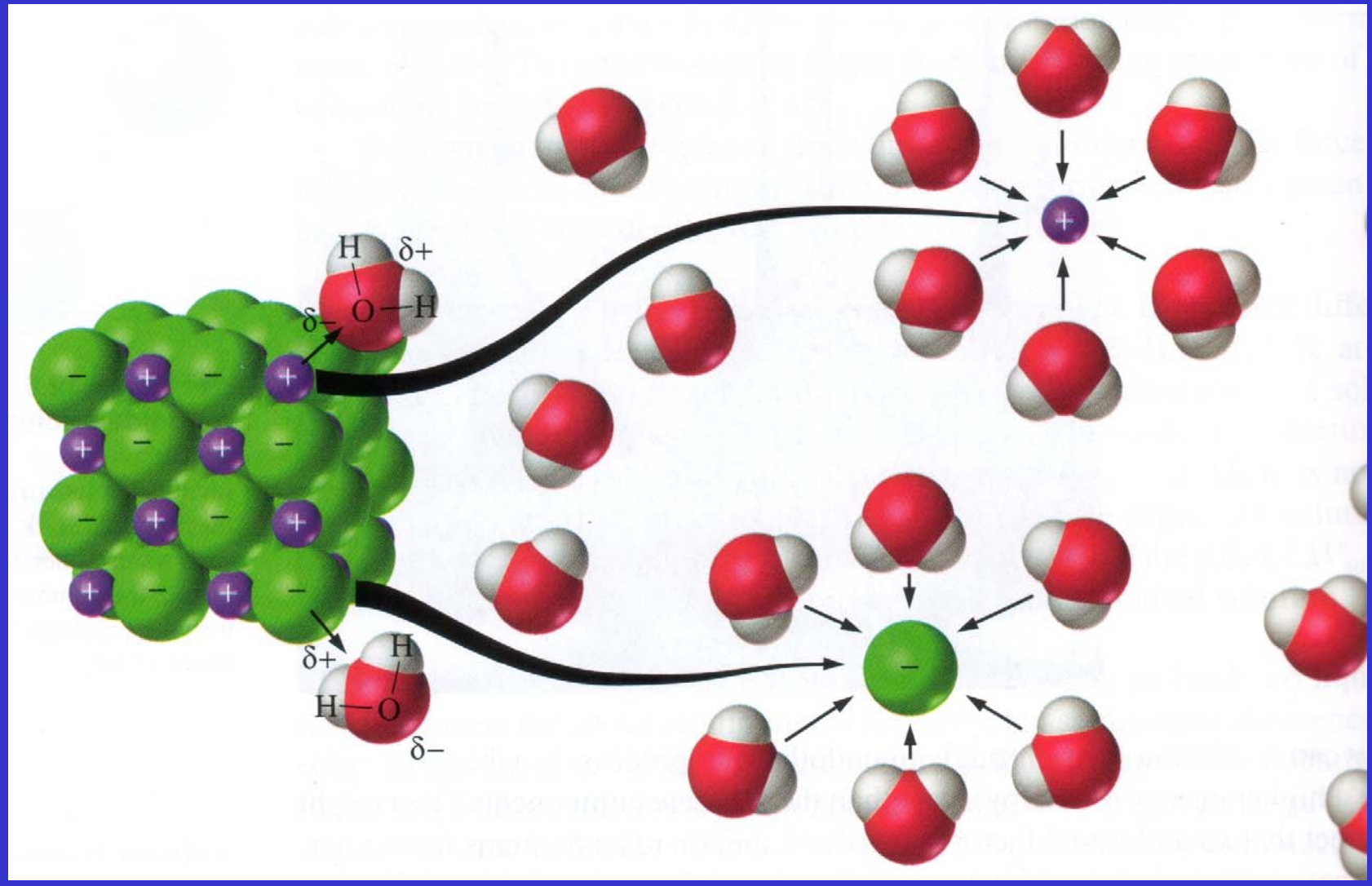
KI ละลายได้ดีในคาร์บอนเตตระคลอไรด์ (CCl_4) หรือ แอมโมเนียเหลว (NH_3)

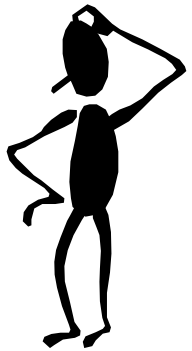
แอมโมเนียเหลว

สารละลายเอเควียส
(Aqueous solution)

สารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย

กระบวนการละลายของสารประกอบไอออนิก (Dissolution process of Ionic compounds)





Quiz 1

ของเหลว A ละลายในของเหลว B เอนทาลปีในการแยกโมเลกุลระหว่างของเหลว A เท่ากับ 10 kJ/mol และของเหลว B เท่ากับ 20 kJ/mol และเอนทาลปีเมื่อโมเลกุลของของเหลว B เข้าล้อมรอบโมเลกุลของของเหลว A (Solvation) เท่ากับ 28800 J/mol จงหาเอนทาลปีของการละลาย และการละลายนี้เป็นแบบดูดหรือคายความร้อน

ความเข้มข้นของสารละลาย

ความเข้มข้น (Concentration) ของสารละลาย คือ ปริมาณของตัวละลายต่อปริมาณตัวทำละลายหรือสารละลาย

ร้อยละโดยน้ำหนัก (Percent by Mass, %w/w)

$$\%\ w/w = \frac{\text{น้ำหนักของตัวละลาย}}{\text{นน.ตัวละลาย + นน.ตัวทำละลาย}} \times 100\%$$

$$= \frac{\text{นน.ตัวละลาย}}{\text{นน.สารละลาย}} \times 100\%$$

ร้อยละโดยปริมาตร (Percent by volume, %v/v)

$$\%\ v/v = \frac{\text{ปริมาตรตัวละลาย}}{\text{ปริมาตรสารละลาย}} \times 100\%$$

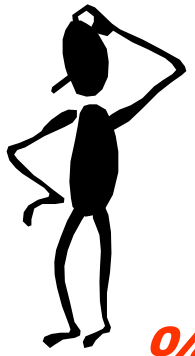
ความเข้มข้นของสารละลาย

ร้อยละโดยน้ำหนัก/ปริมาตร (Mass/Volume Percent)

$$\% \text{ w/v} = = \frac{\text{นน.ตัวละลาย}}{\text{ปริมาตรสารละลาย}} \times 100\%$$

เศษส่วนโมล (Mole Fraction) *(X)*

$$X_A = \frac{\text{จำนวนโมลของสาร A}}{\text{จำนวนโมลรวมของสารทุกตัวในสารละลาย}}$$



จะเตรียมสารละลาย NaOH 2.5 % w/w ปริมาณ 750 g ได้อย่างไร

$$\%\ w/w = \frac{\text{น้ำหนักของตัวละลาย}}{\text{นน.ตัวละลาย + นน.ตัวทำละลาย}} \times 100\%$$

ให้ w คือ น้ำหนักของ NaOH

$$2.5\ \%\ w/w = \frac{w}{w + (750-w)} \times 100\%$$

$$w = \frac{2.5 \times 750}{100} = 18.75 \text{ g NaOH}$$

ต้องใช้ NaOH 18.75 g ละลายน้ำ 750-18.75 = 731.25 g

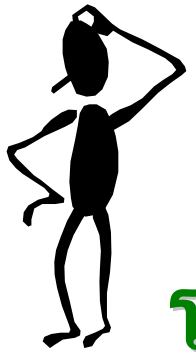
ความเข้มข้นของสารละลาย

โมราลิตี (Molarity) *(M)*

$$M = \frac{\text{โมลของตัวละลาย}}{\text{ลิตรของสารละลาย}}$$

โมแลลลิตี (Molality) *(m)*

$$m = \frac{\text{โมลของตัวละลาย}}{\text{นน.ตัวทำละลาย (kg)}}$$



หาความเข้มข้นของสารละลายที่เกิดจากการละลาย NaOH 2.0 g ในน้ำ 100 g??

โมราลิตี

$$M = \frac{\text{โมลของตัวละลาย}}{\text{ลิตรของสารละลาย}} = \frac{2.0/40 \text{ mol}}{100/1000 \text{ L}}$$

$$= 0.50 \text{ M}$$

โมแลลลิตี

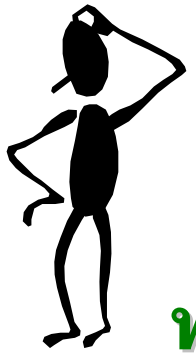
$$m = \frac{\text{โมลของตัวละลาย}}{\text{นน.ตัวทำละลาย (kg)}} = \frac{2.0/40 \text{ mol}}{100/1000 \text{ kg}}$$

$$= 0.50 \text{ m}$$

ความเข้มข้นของสารละลาย

ฟอร์มัลลิตี (Formality) ***(F)***

$$F = \frac{\text{โมลของตัวละลาย}}{\text{ลิตรของสารละลาย}}$$

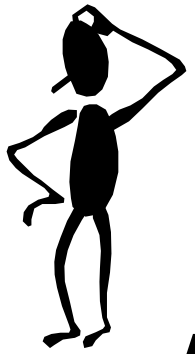


หาความเข้มข้นของสารละลายที่เกิดจากการละลาย NaOH 2.0 g ในน้ำ 100 g??

ฟอร์มัลลิตี

$$F = \frac{\text{โมลของตัวละลาย}}{\text{ลิตรของสารละลาย}} = \frac{2.0/40 \text{ mol}}{100/1000 \text{ L}}$$

$$= 0.50 \text{ F}$$



จงหาโมแลลลิตีของสารละลายเอธานอล (C_2H_5OH) 5.86 *M* ที่มีความหนาแน่น 0.927 g/mL

$$m = \frac{\text{โมล ตัวละลาย}}{\text{นน.ตัวทำละลาย (kg)}} \qquad M = \frac{\text{โมล ตัวละลาย}}{\text{ลิตร สารละลาย}}$$

ในสารละลาย 1 ลิตร:

เอธานอล 5.86 โมล = เอธานอล 270 g

สารละลาย 927 g (1000 mL x 0.927 g/mL)

นน.ตัวทำละลาย = นน.สารละลาย – นน.ตัวละลาย

= 927 g – 270 g = 657 g = 0.657 kg

$$m = \frac{\text{โมล ตัวละลาย}}{\text{นน.ตัวทำละลาย (kg)}} = \frac{\text{เอธานอล 5.86 โมล}}{\text{ตัวทำละลาย 0.657 kg}} = 8.92\ m$$

ความเข้มข้นของสารละลาย

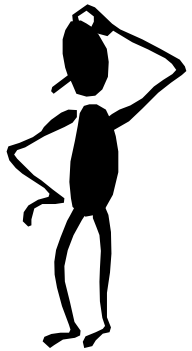
<u>นอร์มัลลิตี (Normality)</u> ***(N)***

$$N = \frac{\text{จำนวนสมมูลของตัวละลาย}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย (L)}}$$

$$\text{จำนวนสมมูล(Equivalent, eq)} = \frac{\text{นน. ของตัวละลาย (g)}}{\text{น้ำหนักสมมูลของตัวละลาย (g)}}$$

$$\text{น้ำหนักสมมูล(Equivalent Weight, eq. wt.)} = \frac{\text{มวลโมเลกุล}}{\text{ประจุ}}$$

$$= \frac{\text{มวลโมเลกุล}}{\#\ H^+ \text{ หรือ } OH^-}$$



หาความเข้มข้น (N) ของสารละลายของสารละลายกรดไนตริก HNO_3 7.88 g ในสารละลาย 1 ลิตร??

$$N = \frac{\text{eq}}{\text{ปริมาตรสารละลาย (L)}}$$

$$= \frac{\dfrac{\text{นน. (g)}}{\text{eq. wt.}}}{V_{soln}(L)} = \frac{\dfrac{\text{นน. (g)}}{\dfrac{\text{มวลโมเลกุล}}{\#H^+}}}{V_{soln}(L)} = \frac{\dfrac{7.88\ g}{\dfrac{63}{1}}}{1\ L}$$

N = 0.125 N

ความเข้มข้นของสารละลายเจือจางมาก หรือตัวละลายปริมาณน้อยมาก (Trace level)

<u>ส่วนในล้านส่วน (Parts per Million)</u> ***(ppm)***

$$\textbf{\textit{1 ppm}} = \frac{\text{1 g ตัวละลาย}}{\text{1,000,000 g สารละลาย}}$$

1 ppm = 1 mg/kg หรือ 1 mg/L

ความเข้มข้นของสารละลายเจือจางมาก หรือตัวละลายปริมาณน้อยมาก (Trace level)

<u>ส่วนในพันล้านส่วน (Parts per Billion)</u> ***(ppb)***

$$\textit{1 ppb} = \frac{\text{1 g ตัวละลาย}}{1 \times 10^{9} \text{ g สารละลาย}}$$

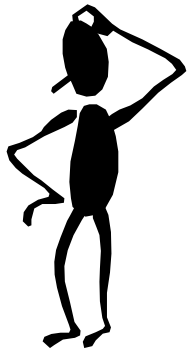
1 ppb = 1 μg/kg หรือ 1 μg/L

ความเข้มข้นของสารละลายเจือจางมาก หรือตัวละลายปริมาณน้อยมาก (Trace level)

<u>ส่วนในล้านล้านส่วน (Parts per Trillion)</u> ***(ppt)***

$$\textbf{\textit{1 ppt}} = \frac{\text{1 g ตัวละลาย}}{1 \times 10^{12} \text{ g สารละลาย}}$$

1 ppt = 1 ng/kg หรือ 1 ng/L



เกมส์ ทายอายุ

$0.0250/142 = 1.761 \times 10^{-4}$

อายุของ อ.อภิชาติ เท่ากับความเข้มข้นที่มีหน่วยเป็น ppm ของ
สารละลาย Na_2SO_4 เข้มข้น 1.761×10^{-4} F
(Formular Weight ของ Na_2SO_4 =142)

$$F = \frac{\text{โมลของตัวละลาย}}{\text{ลิตรสารละลาย}}$$

ppm = mg/kg

$$1.761 \times 10^{-4}\ F = \frac{w/142\ \text{mol}}{1\ L}$$

$$w = 142 \times 1.761 \times 10^{-4} = 0.0250\ g$$

$$\frac{0.0250\ g}{1\ L} = \frac{25\ mg}{1\ L} = \textbf{25 ppm}$$

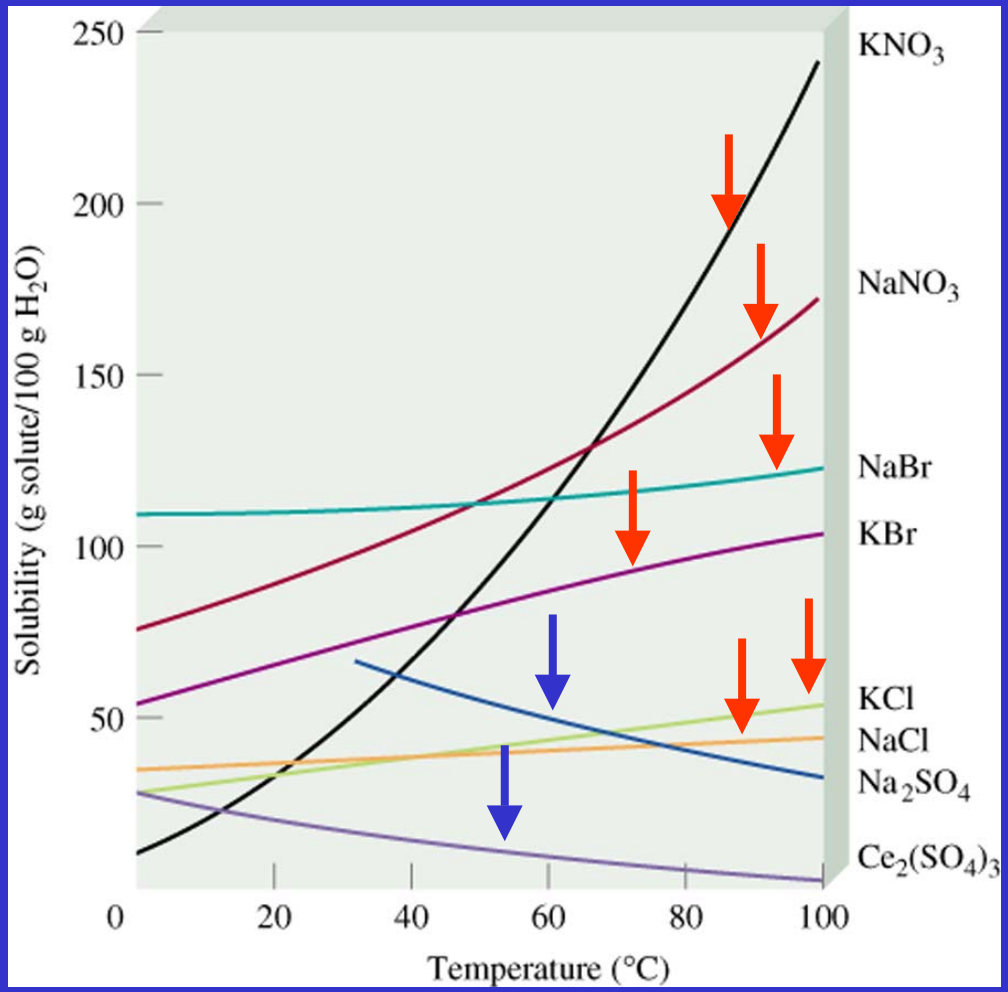
ละลาย NaCl 234 mg ในน้ำ 250 mL สารละลายมีความหนาแน่น 1.002 g/mL จงหาความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่าง ๆ ต่อไปนี้

การบ้าน

- % w/w
- % w/v
- Molar (M)
- Molal (m)
- Formal (F)
- Normal (N)
- ppm
- X_{NaCl}

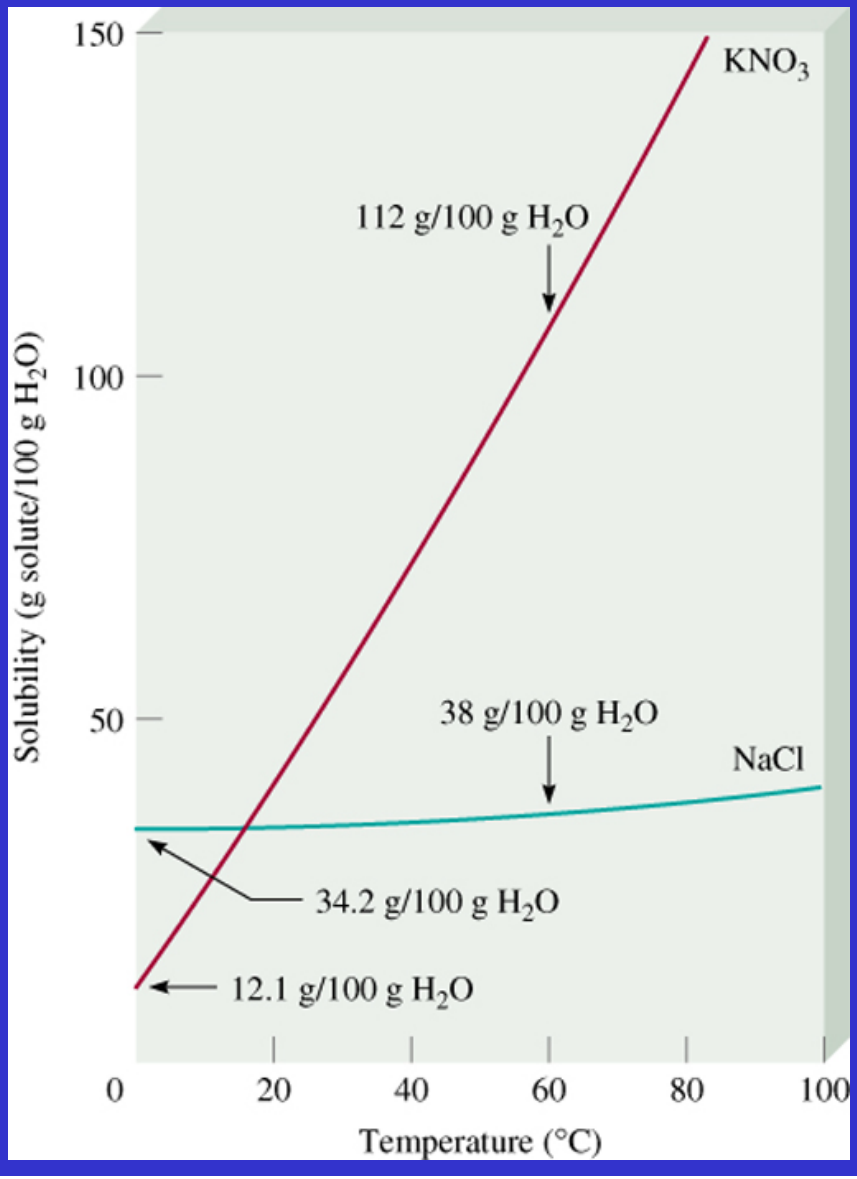
อุณหภูมิ และสภาพละลายได้(Solubility)

อิทธิพลของอุณหภูมิต่อสภาพละลายได้ของของแข็ง



สภาพละลายได้ลดลง
เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

การตกผลึก (Fractional crystallization) คือการแยกสารผสมออกจากกันโดยอาศัยสภาพละลายได้ที่ต่างกัน



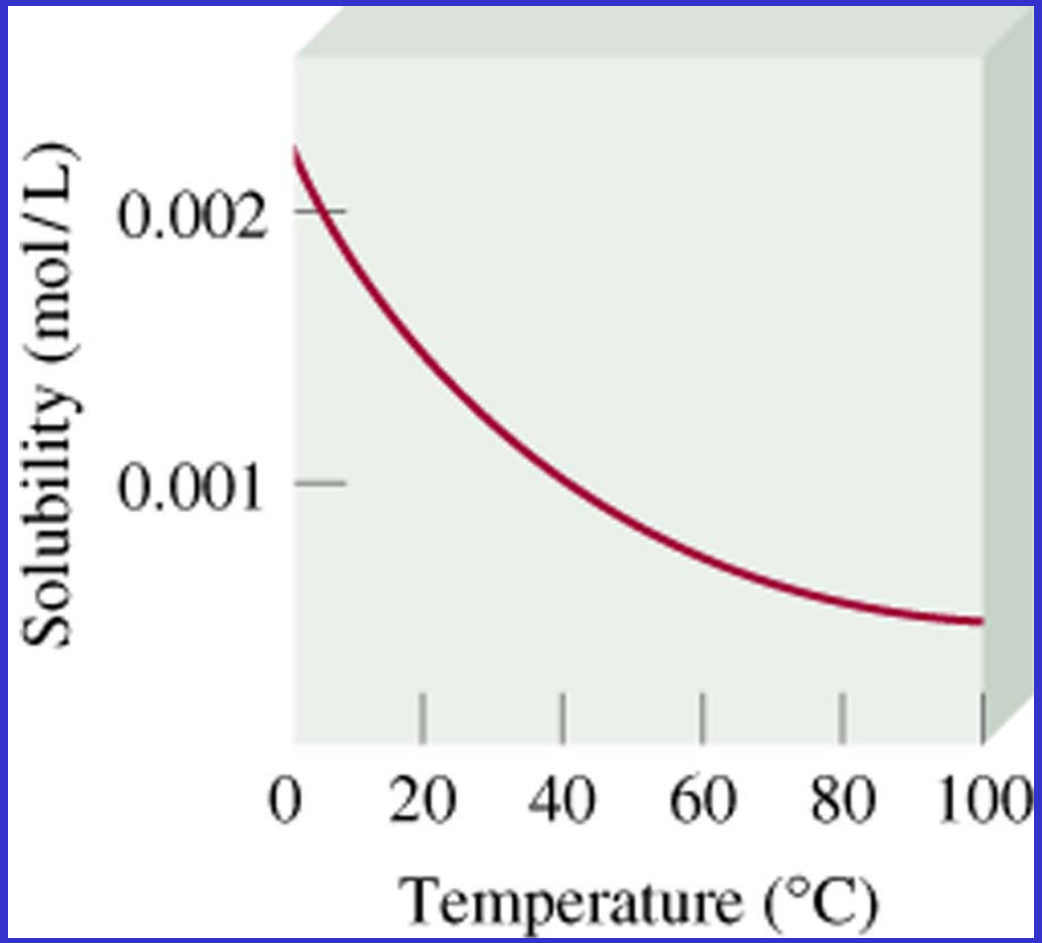
90 g KNO_3 ผสมกับ 10 g NaCl.

<u>Fractional crystallization:</u>

- **ละลายของผสมในน้ำ 100 mL ที่ 60^0C**
- **ทำสารละลายให้เย็นที่ 0^0C**
- **NaCl ทั้งหมดจะละลายอยู่ในสารละลาย (s = 34.2g/100g)**
- **KNO_3 บริสุทธิ์ 78 g จะตกผลึก (s = 12 g/100g). 90 g – 12 g = 78 g**

อุณหภูมิ และสภาพละลายได้

อิทธิพลของอุณหภูมิต่อสภาพละลายได้ของแก๊ส



สภาพละลายได้ลดลง
เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

ความดัน และสภาพละลายได้ของแก๊ส

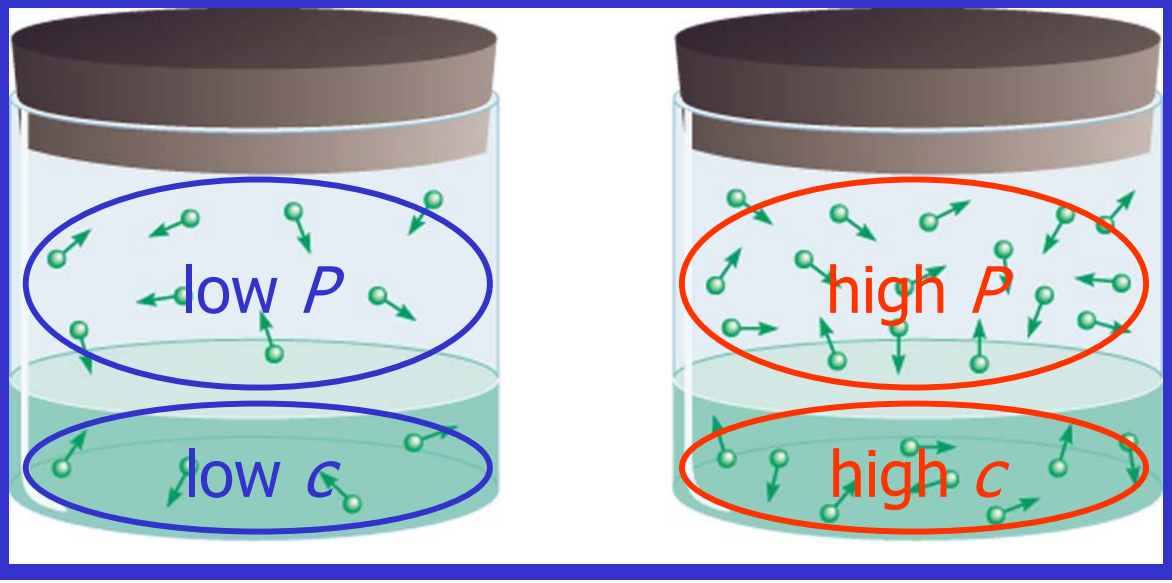
สภาพละลายได้ของแก๊สในของเหลวจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับความดันของแก๊สนั้น
ซึ่งเป็นไปตามกฎของเฮนรี (*Henry's law*).

$$c = kP$$

c คือความเข้มข้น (*M*) ของแก๊สในสารละลาย

P คือความดันของแก๊สเหนือสารละลาย

k คือค่าคงที่ (mol/L•atm) ที่ขึ้นกับอุณหภูมิ



สมบัติคอลลิเกตีฟของสารละลายไม่มีประจุ
Colligative Properties of Nonelectrolyte Solutions

สมบัติคอลลิเกตีฟ **คือ สมบัติที่ขึ้นกับจำนวนของตัวละลายเท่านั้น ไม่ขึ้นกับชนิดของตัวละลาย**

ความดันไอลดต่ำ (Vapor-Pressure Lowering)

$$P_1 = X_1 P_1^0$$

กฎของราอูลท์
Raoult's law

P_1^0 = ความดันไอของตัวทำละลายบริสุทธิ์

X_1 = เศษส่วนโมลของตัวทำละลาย

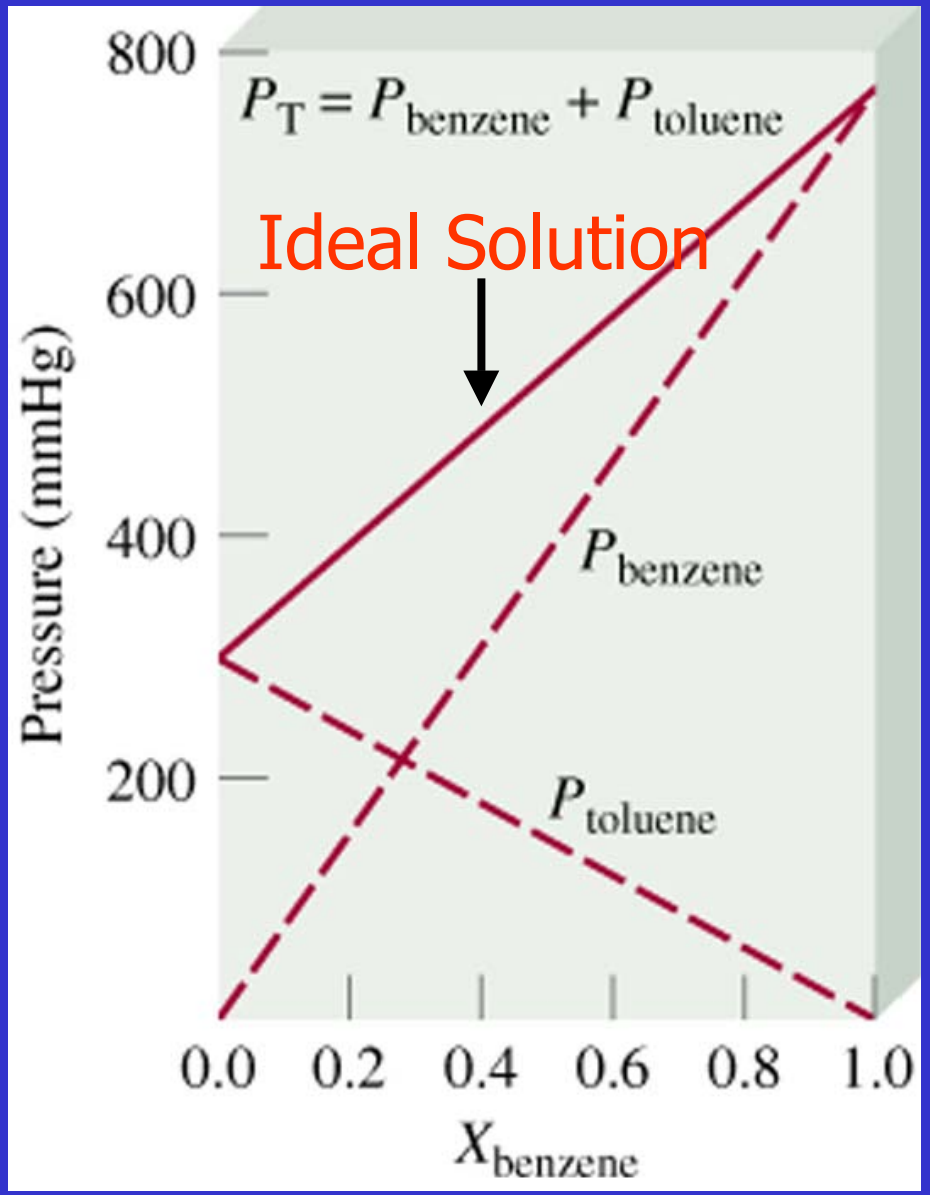
ถ้าสารละลายมีตัวละลายเพียงชนิดเดียว:

$$X_1 = 1 - X_2$$

$$P_1^0 - P_1 = \Delta P = X_2 P_1^0$$

X_2 = เศษส่วนโมลของตัวละลาย

สารละลายสมบูรณ์แบบ
Ideal Solution



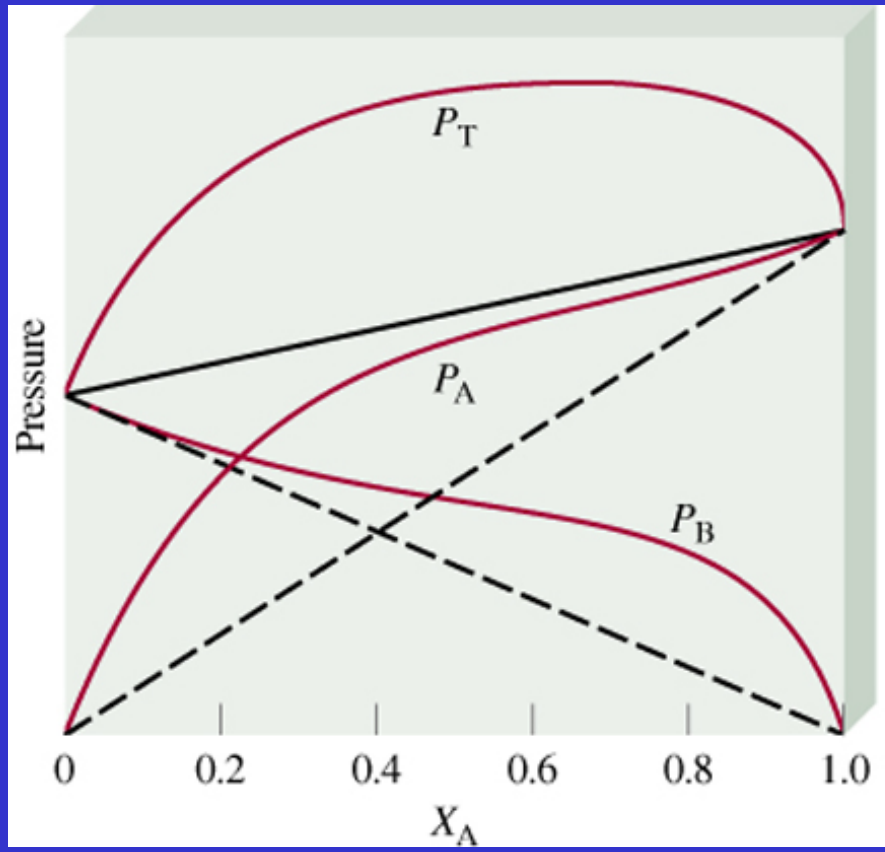
$$P_A = X_A P_A^0$$

$$P_B = X_B P_B^0$$

$$P_T = P_A + P_B$$

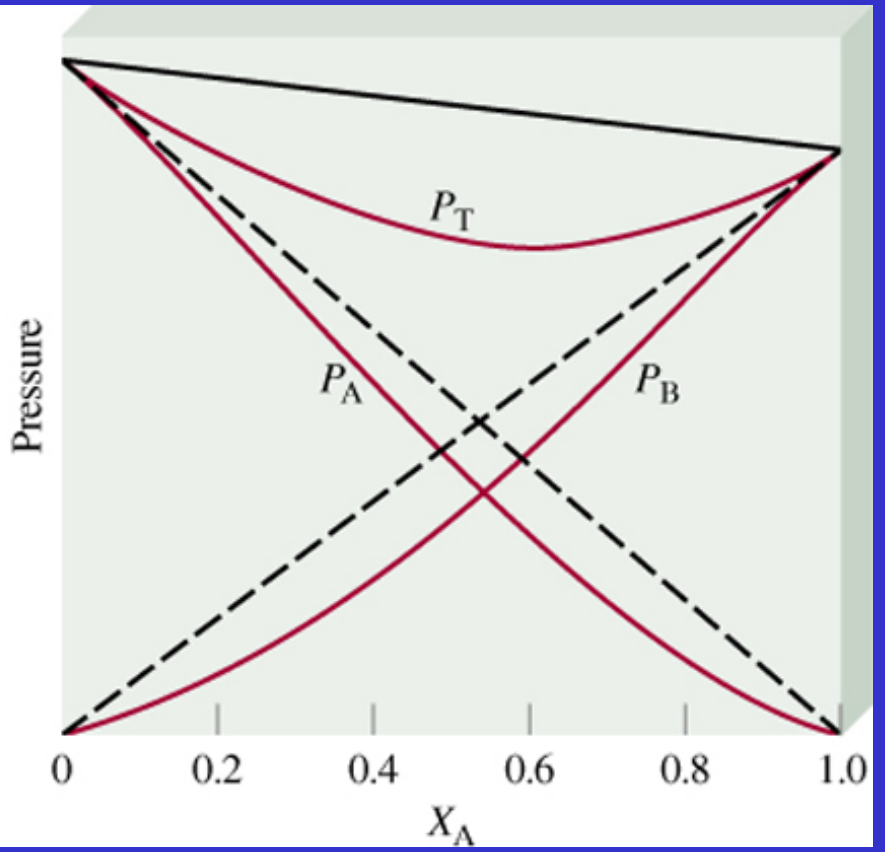
$$P_T = X_A P_A^0 + X_B P_B^0$$

P_T มากกว่า P_T ตามกฎของราอูลท์



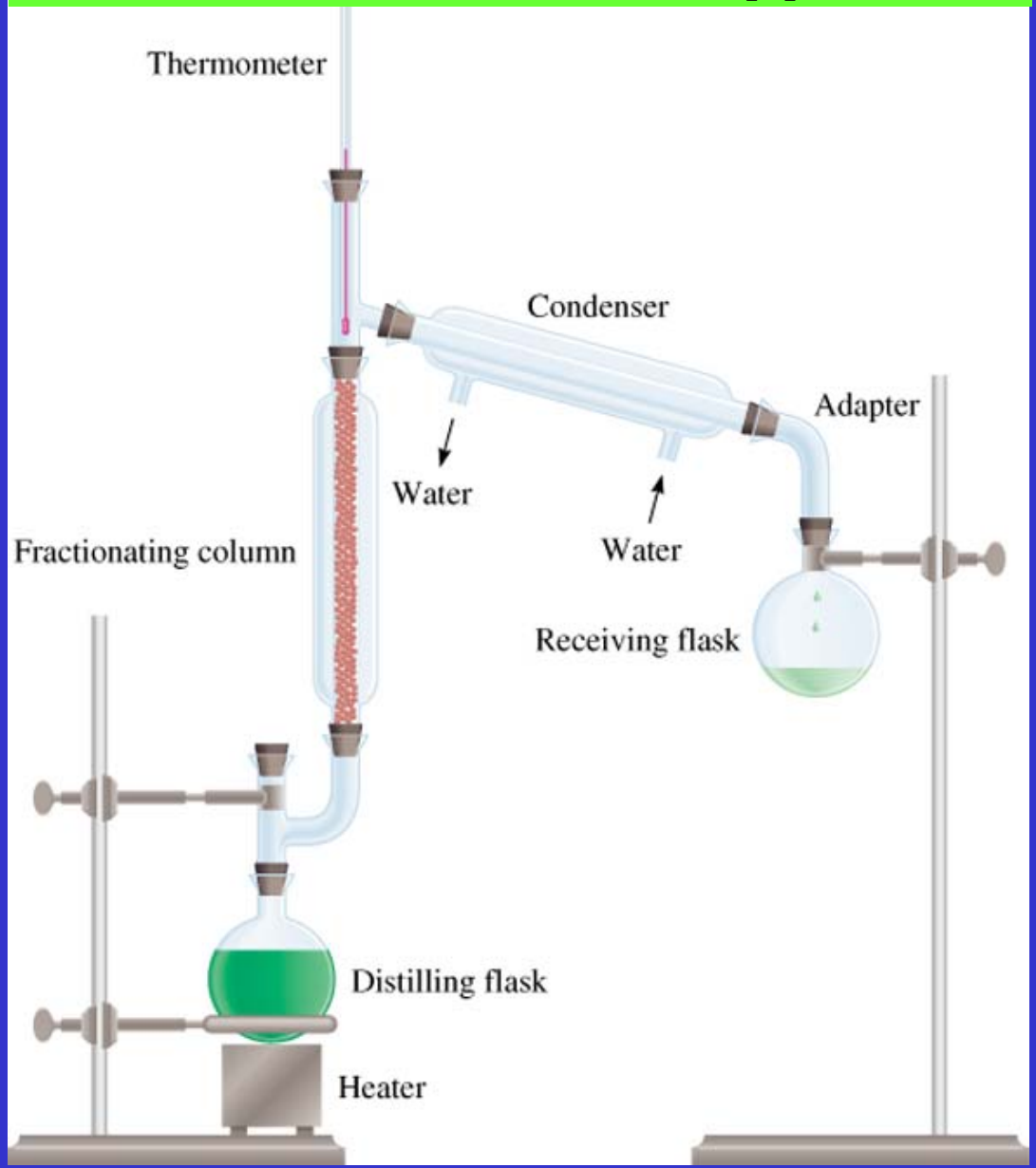
Force A-B < Force A-A & Force B-B

P_T น้อยกว่า P_T ตามกฎของราอูลท์

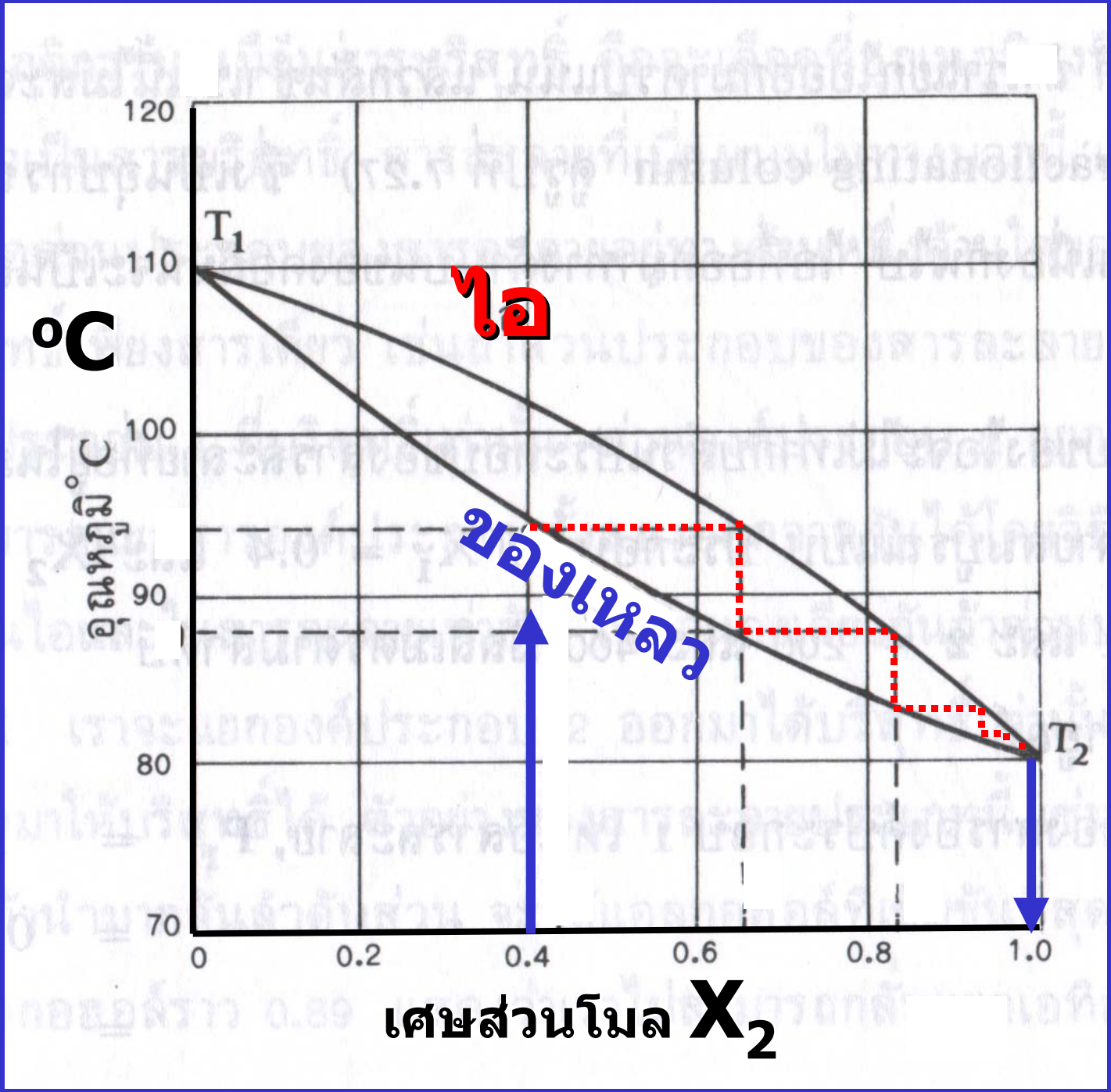


Force A-B > Force A-A & Force B-B

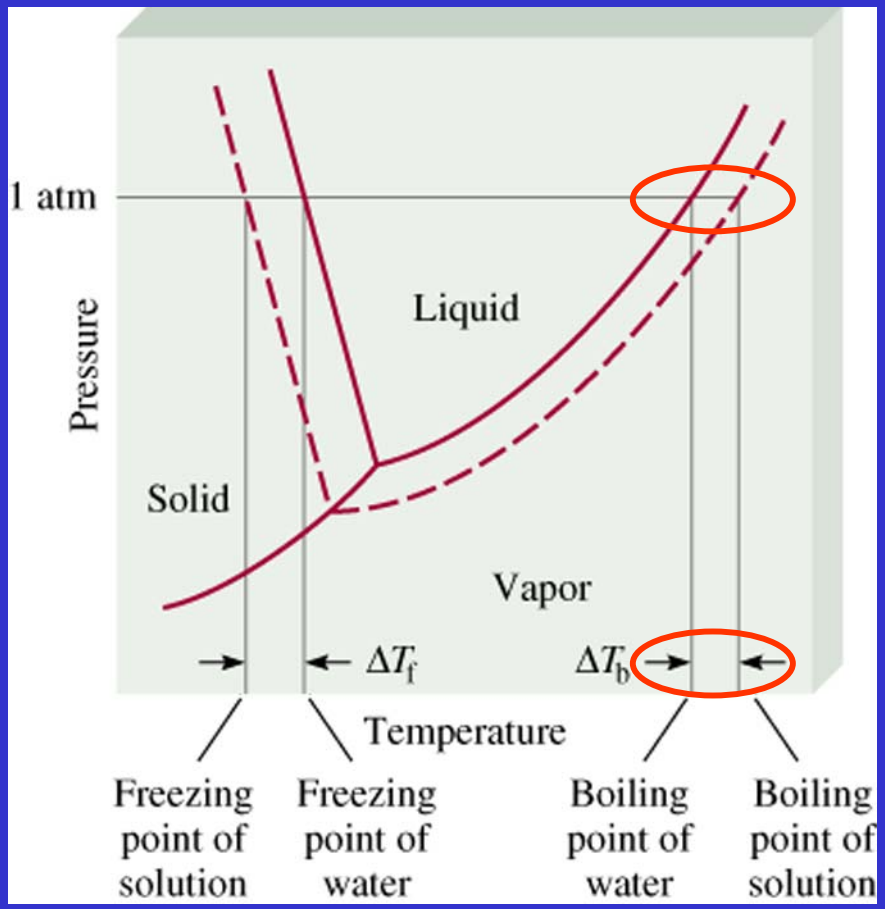
เครื่องมือกลั่นลำดับส่วน
Fractional Distillation Apparatus



การกลั่นลำดับส่วน



จุดเดือดเพิ่มขึ้น (Boiling-Point Elevation)



$$\Delta T_b = T_b - T_b^0$$

T_b^0 คือจุดเดือดของตัวทำละลายบริสุทธิ์

T_b คือ จุดเดือดของสารละลาย

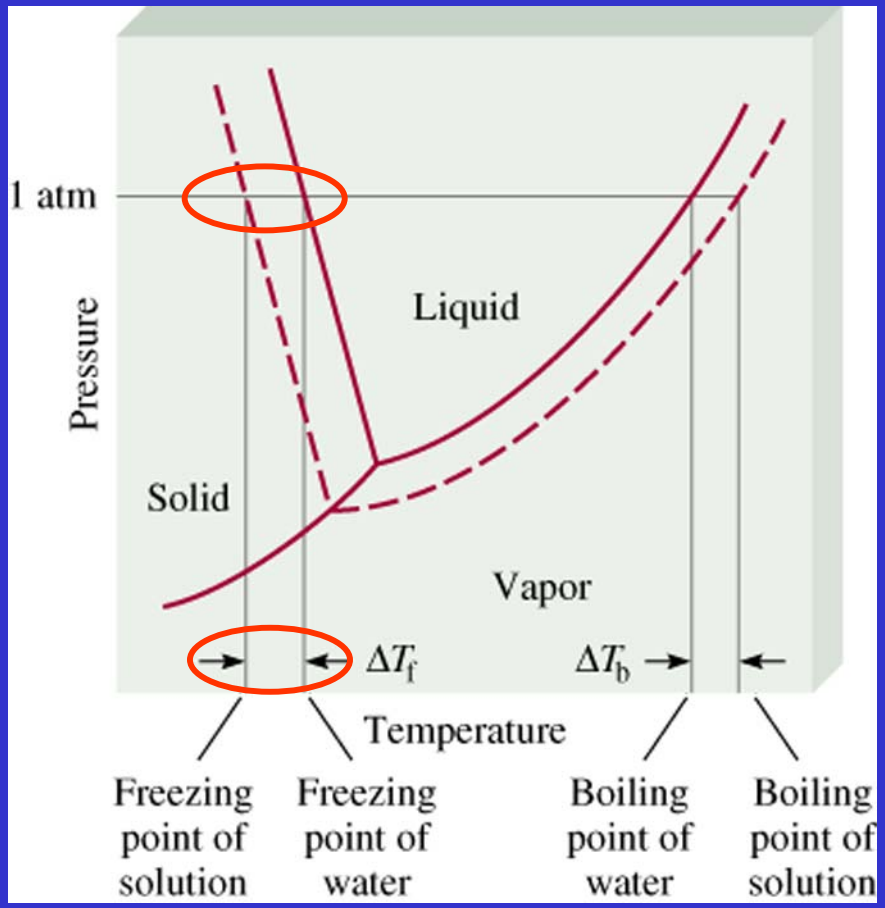
$$T_b > T_b^0 \quad \Delta T_b > 0$$

$$\Delta T_b = K_b\, m$$

m คือ โมแลลลิตีของสารละลาย

K_b คือ ค่าคงที่การเพิ่มขึ้นของจุดเดือด (molal boiling-point elevation constant) ($^0C/m$)

จุดเยือกแข็งลดลง (Freezing-Point Depression)



$$\Delta T_f = T_f^0 - T_f$$

T_f^0 คือ จุดเยือกแข็งของตัวทำละลายบริสุทธิ์

T_f คือ จุดเยือกแข็งของสารละลาย

$$T_f^0 > T_f \qquad \Delta T_f > 0$$

$$\Delta T_f = K_f\, m$$

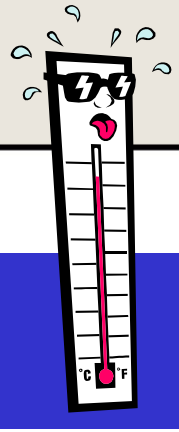
m คือ โมแลลลิตีของสารละลาย

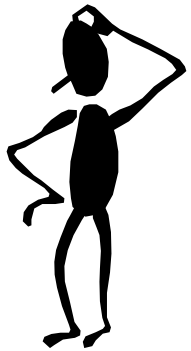
K_f คือ ค่าคงที่การลดลงของจุดเยือกแข็ง (molal freezing-point depression constant) ($^0C/m$)

Table 12.2 Molal Boiling-Point Elevation and Freezing-Point Depression Constants of Several Common Liquids

Solvent	Normal Freezing Point (°C)*	K_f (°C/*m*)	Normal Boiling Point (°C)*	K_b (°C/*m*)
Water	0	1.86	100	0.52
Benzene	5.5	5.12	80.1	2.53
Ethanol	−117.3	1.99	78.4	1.22
Acetic acid	16.6	3.90	117.9	2.93
Cyclohexane	6.6	20.0	80.7	2.79

* *Measured at 1 atm.*





จงหาจุดเยือกแข็งของสารละลายเอธิลีนไกลคอล (antifreeze) 478 g ในน้ำ 3202 g กำหนดให้มวลโมเลกุลของเอธิลีนไกลคอล 62.01 g/mol

$$\Delta T_f = K_f\, m \qquad K_f \text{ น้ำ} = 1.86\ ^0\text{C}/m$$

$$m = \frac{\text{โมล ตัวละลาย}}{\text{นน.ตัวทำละลาย (kg)}} = \frac{478\ \text{g} \times \frac{1\ \text{mol}}{62.01\ \text{g}}}{3.202\ \text{kg solvent}} = 2.41\ m$$

$$\Delta T_f = K_f\, m = 1.86\ ^0\text{C}/m \times 2.41\ m = 4.48\ ^0\text{C}$$

$$\Delta T_f = T_f^0 - T_f$$

$$T_f = T_f^0 - \Delta T_f = 0.00\ ^0\text{C} - 4.48\ ^0\text{C} = -4.48\ ^0\text{C}$$

ความดันออสโมติก (Osmotic Pressure) (π)

ออสโมซิส (Osmosis)
คือ ปรากฏการณ์ที่โมเลกุลของตัวทำละลายเคลื่อนที่ผ่านเยื่อบางจากสารละลายเจือจางไปยังสารละลายที่มีความเข้มข้นมากกว่า

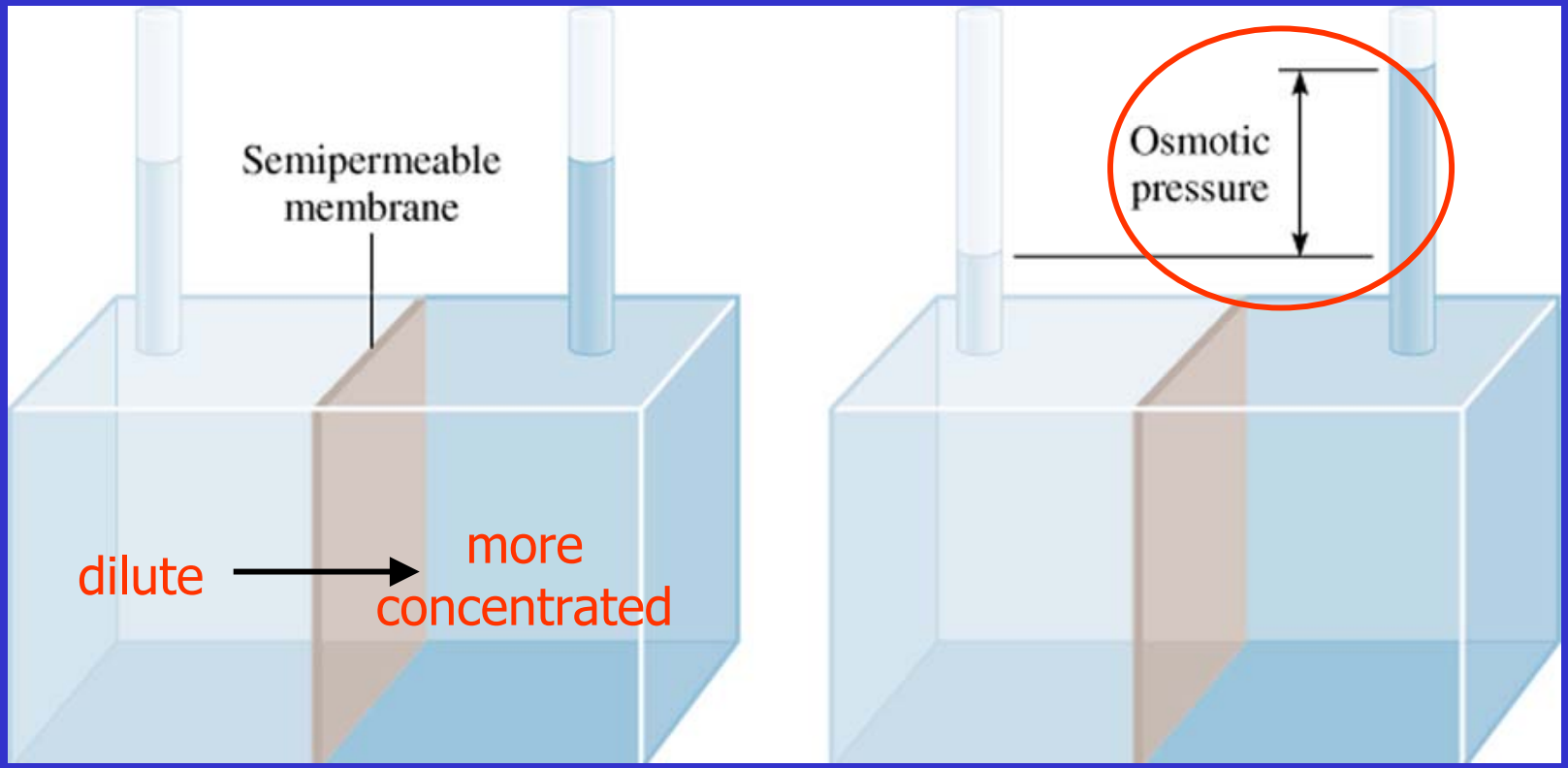
เยื่อบาง (semipermeable membrane)
ยอมให้โมเลกุลตัวทำละลายผ่านได้ แต่ไม่ยอมให้โมเลกุลของตัวละลายผ่าน

ความดันออสโมติก (Osmotic pressure (π))
คือความดันที่ทำให้ออสโมซิสหยุด

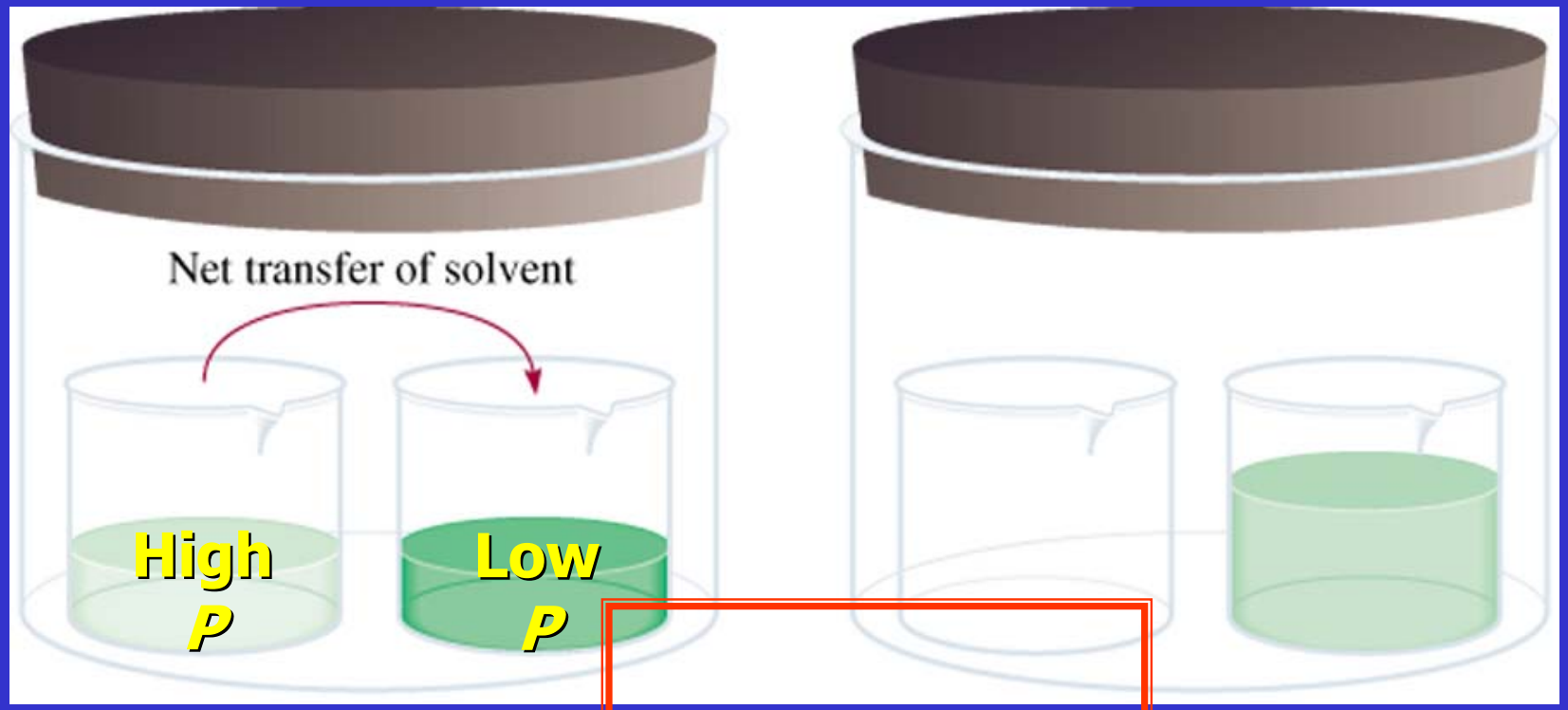
ความดันออสโมติก (Osmotic Pressure) (π)

ออสโมซิส (Osmosis)

ความดันออสโมติก (Osmotic pressure (π))



ความดันออสโมติก - Osmotic Pressure (π)



$$\pi = MRT$$

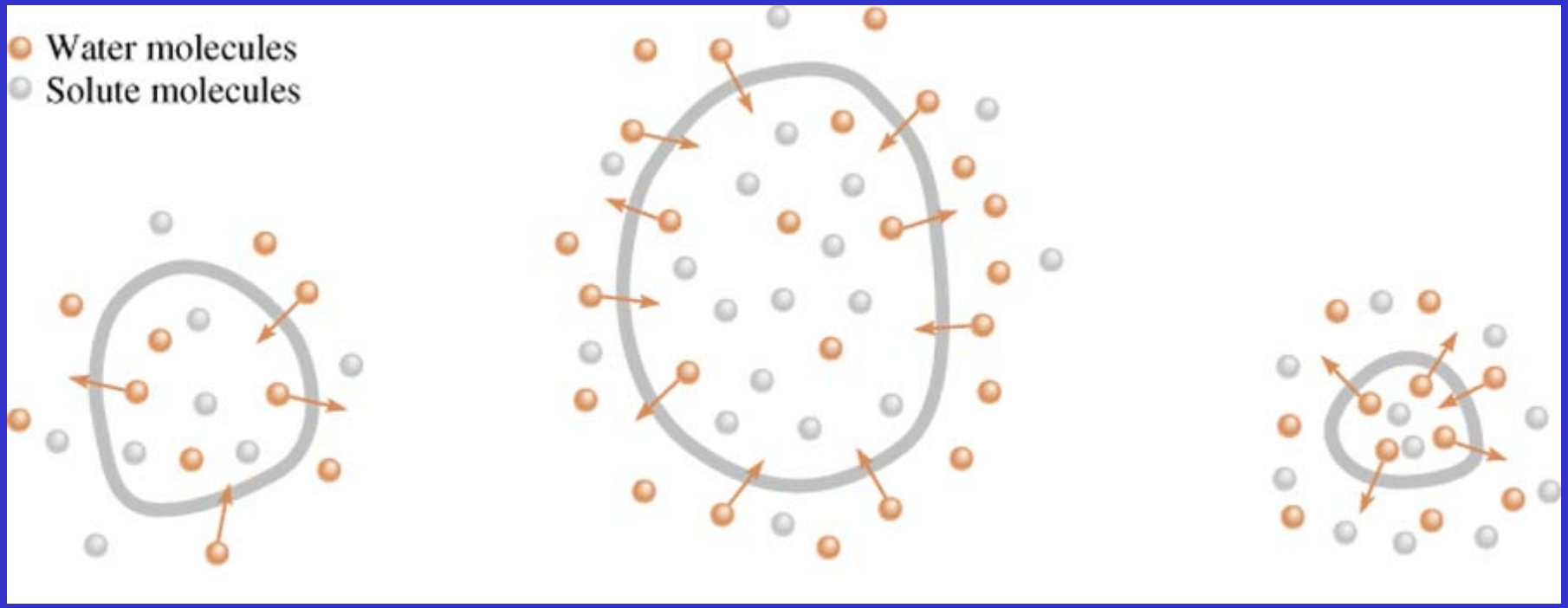
M คือ โมลาริตีของสารละลาย

R คือ ค่าคงที่ของแก๊ส

T คือ อุณหภูมิ (K)

การทดลองของวานท์ฮอฟ
(Van't Hoff)

สารละลาย กับ เซลล์



สารละลาย
ไอโซทอนิก
isotonic
solution

สารละลาย
ไฮโปทอนิก
hypotonic
solution

สารละลาย
ไฮเปอทอนิก
hypertonic
solution

สมบัติคอลลิเกตีฟของสารละลายไม่มีประจุ
Colligative Properties of Nonelectrolyte Solutions

Vapor-Pressure Lowering $P_1 = X_1 P_1^0$

Boiling-Point Elevation $\Delta T_b = K_b m$

Freezing-Point Depression $\Delta T_f = K_f m$

Osmotic Pressure (π) $\pi = MRT$

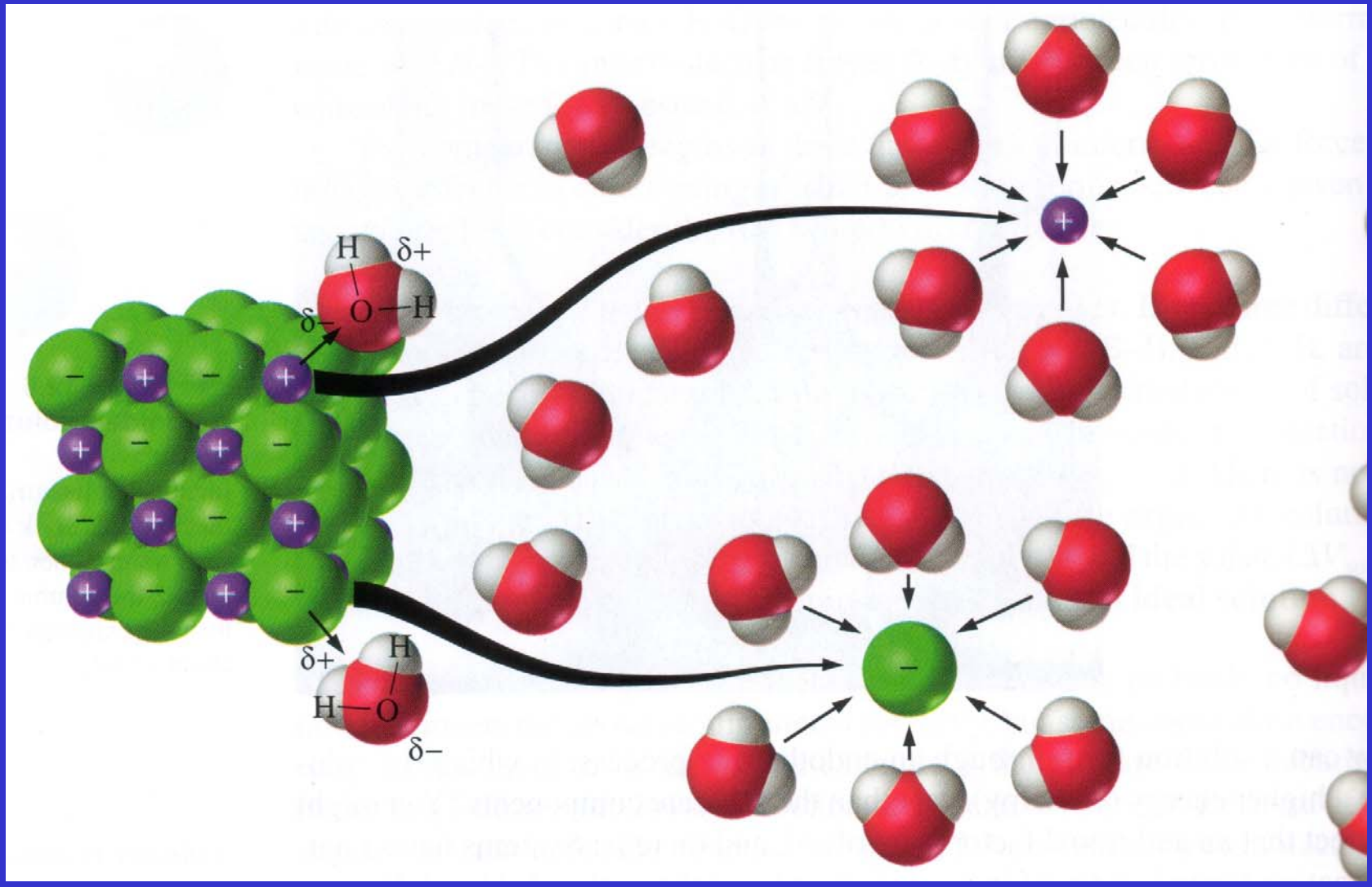
สมบัติคอลลิเกตีฟของสารละลายที่มีประจุ
Colligative Properties of Electrolyte Solutions

สารละลาย NaCl 0.1 *m*

ไอออน Na^+ 0.1 *m* & ไอออน Cl^- 0.1 *m*

สมบัติคอลลิเกตีฟ **คือ สมบัติที่ขึ้นกับจำนวนของตัวละลายเท่านั้น ไม่ขึ้นกับชนิดของตัวละลาย**

สารละลาย NaCl 0.1 *m* ⟶ 0.2 *m* ไอออนในสารละลาย



สมบัติคอลลิเกตีฟของสารละลายที่มีประจุ
Colligative Properties of Electrolyte Solutions

$$\textit{van't Hoff factor (i)} = \frac{\text{จำนวนอนุภาคในสารละลายหลังจากแตกตัว}}{\text{จำนวนของตัวละลายก่อนแตกตัว}}$$

	i should be
nonelectrolytes	1
NaCl	2
$CaCl_2$	3

สมบัติคอลลิเกตีฟของสารละลายที่มีประจุ

Boiling-Point Elevation $\Delta T_b = i K_b m$

Freezing-Point Depression $\Delta T_f = i K_f m$

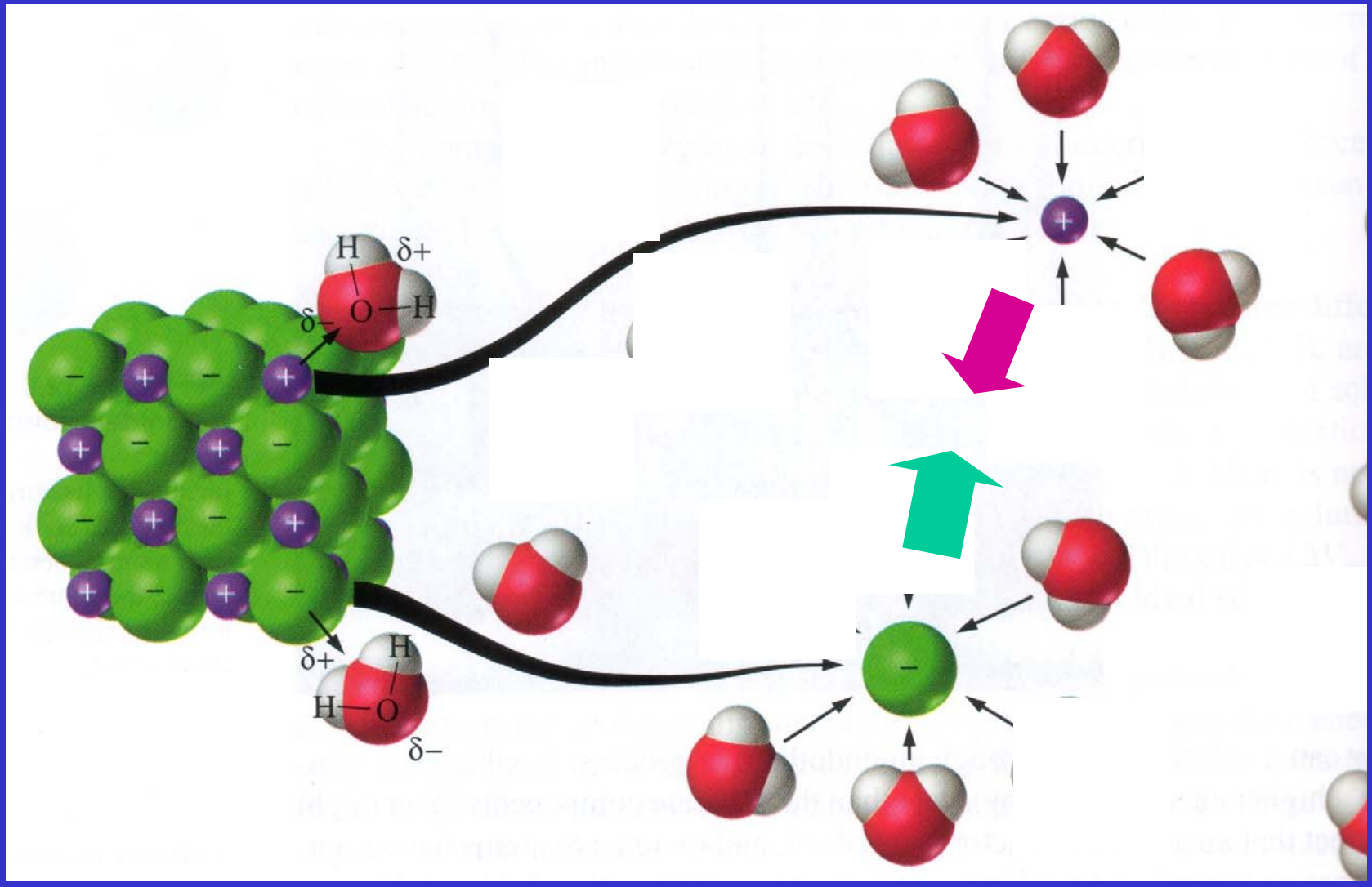
Osmotic Pressure (π) $\pi = iMRT$

Table 12.3 The van't Hoff Factor of 0.0500 *M* Electrolyte Solutions at 25°C

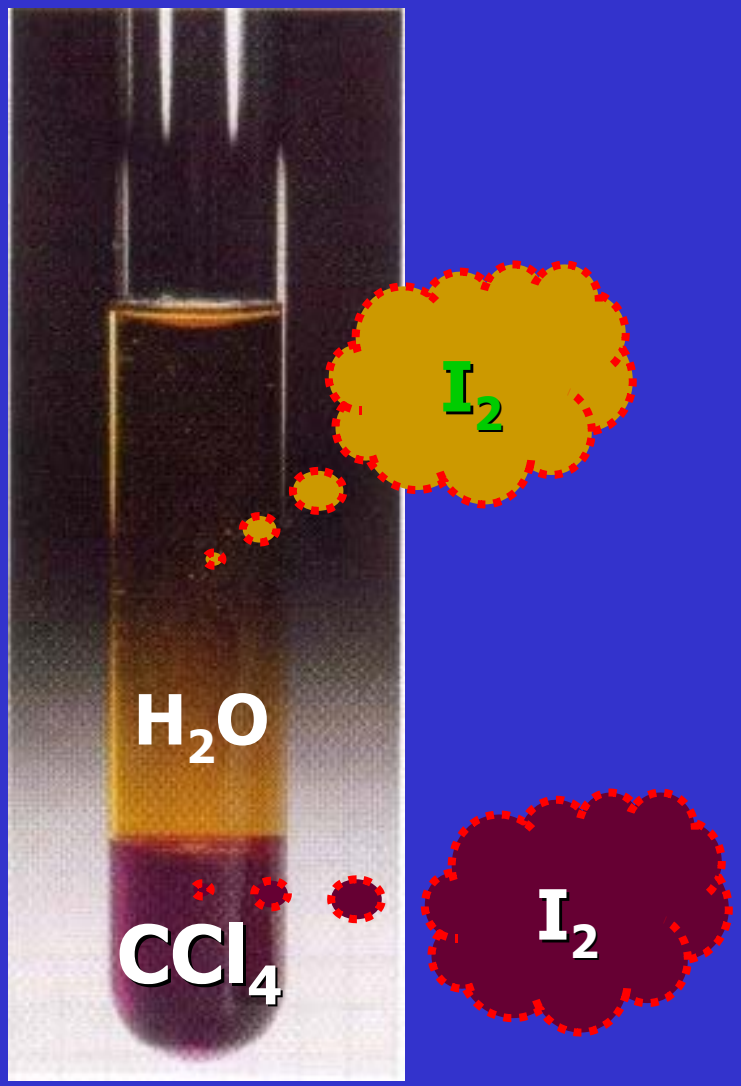
Electrolyte	*i* (Measured)	*i* (Calculated)
Sucrose*	1.0	1.0
HCl	1.9	2.0
NaCl	1.9	2.0
$MgSO_4$	1.3	2.0
$MgCl_2$	2.7	3.0
$FeCl_3$	3.4	4.0

* *Sucrose is a nonelectrolyte. It is listed here for comparison only.*

การเกิดไอออนคู่ควบ(Ion pair)



การละลายของสารในของเหลวสองชนิดที่ไม่ละลายซึ่งกันและกัน



$$K = \frac{C_1}{C_2}$$

กฎการแยกส่วนการละลาย (Law of partition)

การสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent Extraction)

คอลลอยด์ (*colloid*) คือ การกระจายของอนุภาคของสารชนิดหนึ่งในตัวกลางอีกชนิดหนึ่ง

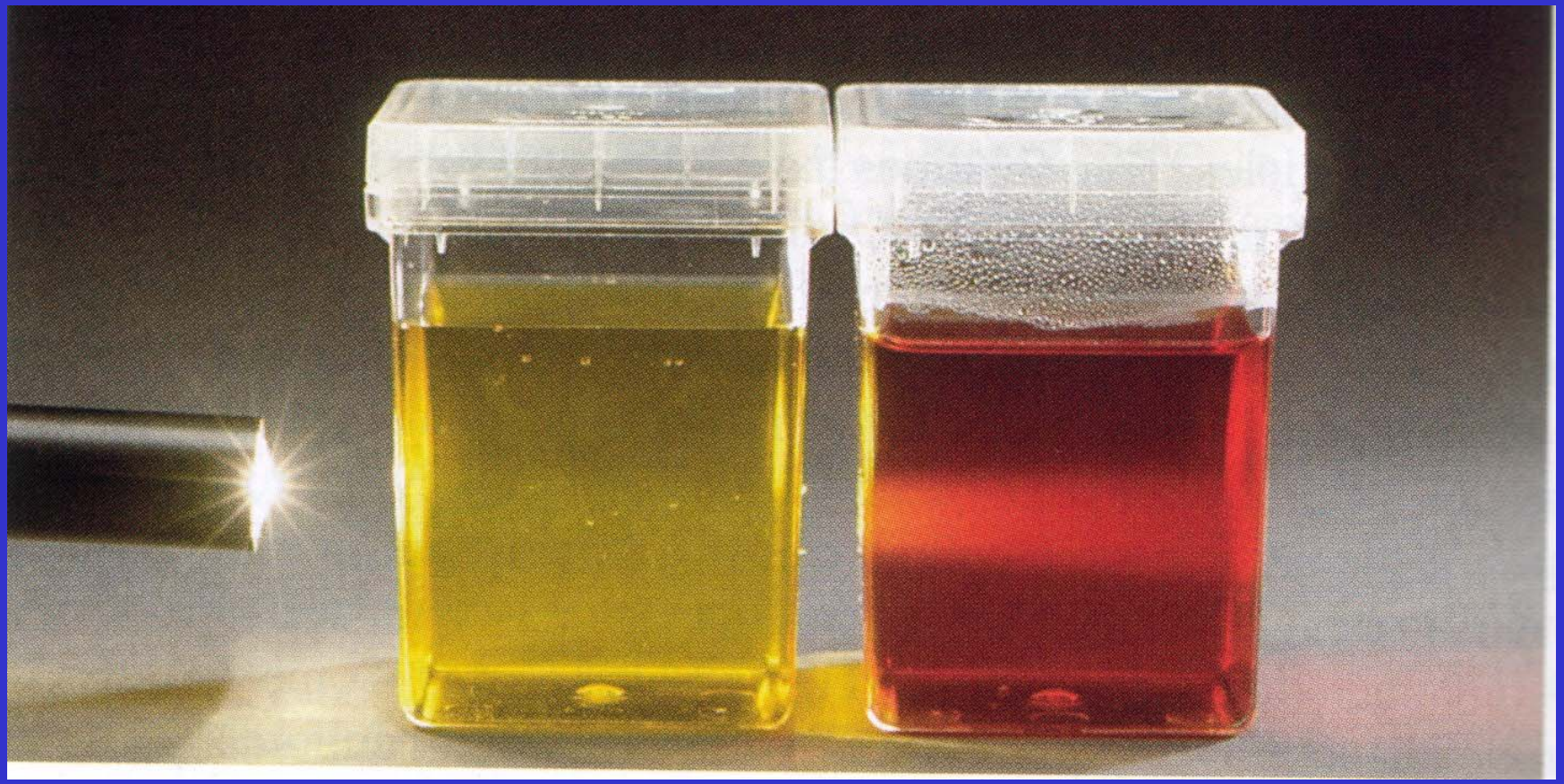
<u>คอลลอยด์กับสารละลาย</u>

- **อนุภาคคอลลอยด์ (collodial particles) ใหญ่กว่าตัวละลาย**
- **คอลลอยด์เป็นสารเนื้อผสม สารละลายเป็นสารเนื้อเดียว**

Table 12.4 Types of Colloids

Dispersing Medium	Dispersed Phase	Name	Example
Gas	Liquid	Aerosol	Fog, mist
Gas	Solid	Aerosol	Smoke
Liquid	Gas	Foam	Whipped cream
Liquid	Liquid	Emulsion	Mayonnaise
Liquid	Solid	Sol	Milk of magnesia
Solid	Gas	Foam	Plastic foams
Solid	Liquid	Gel	Jelly, butter
Solid	Solid	Solid sol	Certain alloys (steel), gemstones (glass with dispersed metal)

ปรากฏการณ์ทินแดลล์ (Tyndall effect)



การกระจายแสง
(Scattering of light)

เสถียรภาพของคอลลอยด์

1. เสถียรในตัวเอง

Ex. กาว น้ำแป้ง น้ำสบู่

2. เสถียรเนื่องจากสารอื่น

2.1 มีสารอื่นป้องกัน (Emulsifying agent)

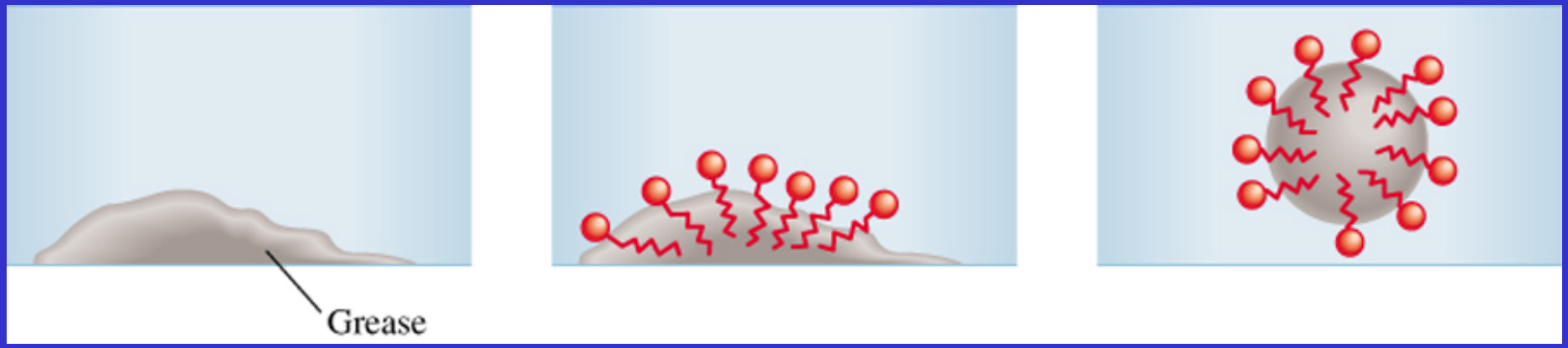
Ex. น้ำสบู่+หยดน้ำมันในน้ำ

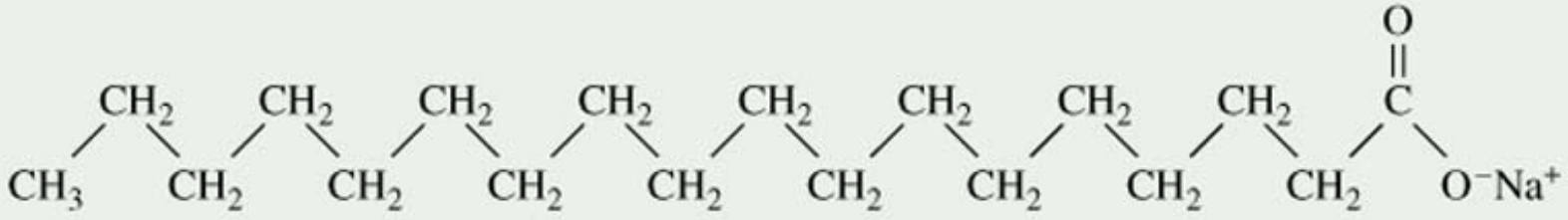
2.2 คอลลอยด์ที่ดูดซับไอออน

Ex. $Fe(OH)_3$ ดูดซับ H^+

As_2S_3 ดูดซับ OH^- และ SH^-

กลไกการทำความสะอาดของสบู่





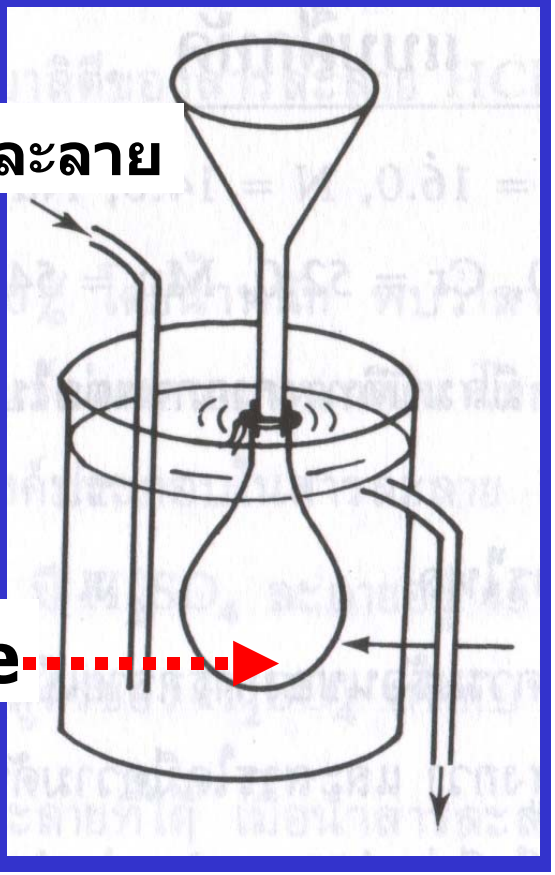
(a)

การแยกอนุภาคคอลลอยด์

1. อิเล็กโตรโฟริซิส (Electrophoresis)

Ex. $Fe(OH)_3$-H^+

2. ไดอะลิซิส (Dialysis)



การบ้าน

นำสาร A 40 g ละลายน้ำ 200 g (สาร A ไม่แตกตัวในน้ำ) จงหาน้ำหนักโมเลกุลของสาร A (K_b ของน้ำ = 0.52°C/m) เมื่อ

4xx xxxx(เลขคู่) xx
สารละลายมีจุดเดือด 102.08°C

4xx xxxx(เลขคี่) xx
สารละลายมีจุดเดือด 103.12°C