# เอกสารประกอบการบรรยาย
# วิชา คม 100 เคมีทั่วไป

## สสารและการเปลี่ยนแปลง

- ❑ สถานะของสสาร
- ❑ สมบัติของสสาร
- ❑ การจำแนกสสาร
- ❑ การวัด
- ❑ เลขนัยสำคัญ

**อาจารย์ ดร. วีรินท์รดา ทะปะละ**
สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
(http://www.science.mju.ac.th/chemistry/)

❑ สสารสามารถเปลี่ยนจากสถานะหนึ่งไปสู่อีกสถานะหนึ่ง โดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

**ของแข็ง** (น้ำแข็ง) $\underset{\text{ลด T}}{\overset{\text{เพิ่ม T}}{\rightleftharpoons}}$ **ของเหลว** (น้ำ) $\underset{\text{ลด T}}{\overset{\text{เพิ่ม T}}{\rightleftharpoons}}$ **แก๊ส** (ไอน้ำ)

- อุณหภูมิ ณ จุดที่ทำให้น้ำแข็งเปลี่ยนสถานะเป็นน้ำ เรียกว่า จุดหลอมเหลว (melting point)
- อุณหภูมิ ณ จุดที่ทำให้น้ำเปลี่ยนสถานะเป็นไอน้ำ เรียกว่า จุดเดือด (boiling point)
- การเปลี่ยนสถานะจากแก๊สเป็นของเหลว เรียกว่า การควบแน่น (condensation)
- อุณหภูมิ ณ จุดที่ทำให้ของเหลวเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง เรียกว่า จุดเยือกแข็ง (freezing point)

❑ การเปลี่ยนสถานะโดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ เป็น การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ (physical change) ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ไม่มีสารใหม่เกิดขึ้น

❑ การเปลี่ยนแปลงที่ให้สารใหม่เกิดขึ้น และมีสมบัติแตกต่างไปจากเดิม มีการเปลี่ยนแปลงพลังงาน (ดูดหรือคายพลังงาน) เรียกว่า การเปลี่ยนแปลงทางเคมี (chemical change)

$$H_2\,(g) + O_2\,(g) \rightarrow H_2O\,(l)$$
$$CH_4\,(g) + 2O_2\,(g) \rightarrow CO_2\,(g) + 2H_2O\,(l)$$

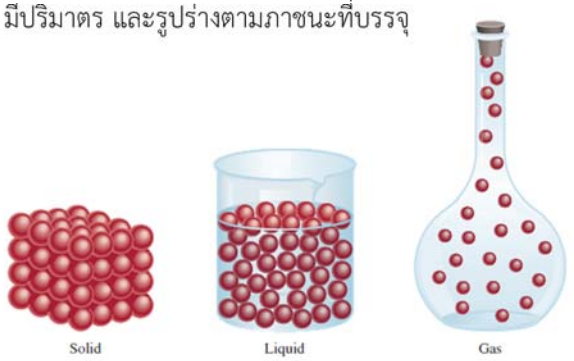


# 1. สถานะของสสาร

**“สสาร (matter) คือ สิ่งที่ต้องการที่อยู่ และ มีมวล”**

**สสารมี 3 สถานะ คือ ของแข็ง ของเหลว แก๊ส**

- ❖ **ของแข็ง (solid, s)** มีปริมาตร และรูปร่างที่แน่นอน
- ❖ **ของเหลว (liquid, l)** มีปริมาตรแน่นอน แต่มีรูปร่างตามภาชนะที่บรรจุ
- ❖ **แก๊ส (gas, g)** มีปริมาตร และรูปร่างตามภาชนะที่บรรจุ






# 2. สมบัติของสสาร

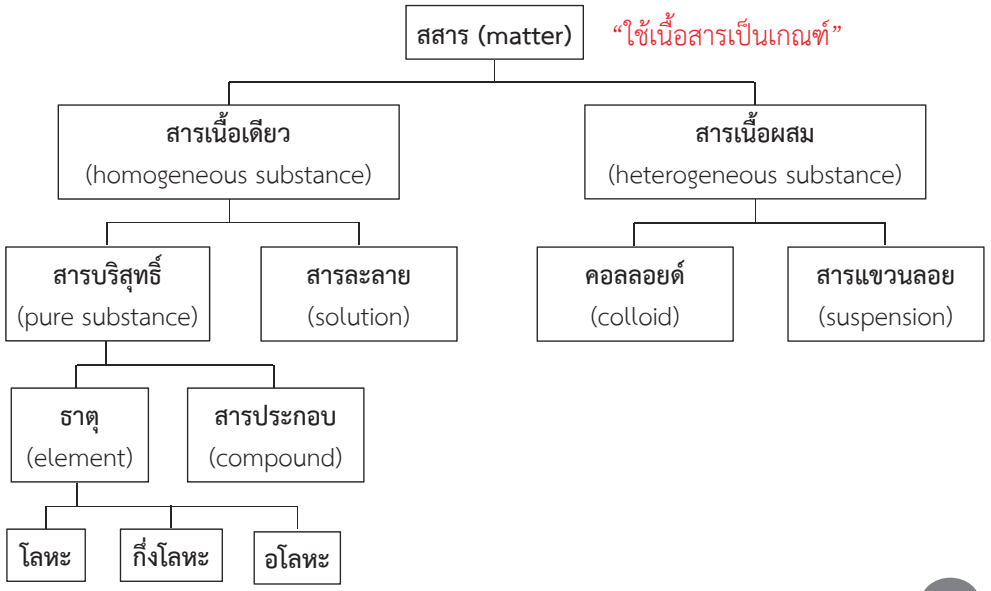
**“ลักษณะเฉพาะตัว หรือ ลักษณะประจำตัวของสาร”**

**สมบัติต่างๆ ของสาร แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ**

❑ สมบัติทางกายภาพ (physical properties) หมายถึง สมบัติของสารที่สามารถสังเกตเห็นได้ง่ายจากรูปร่างลักษณะภายนอก เช่น สถานะ สี กลิ่น รส การนำไฟฟ้า การนำความร้อน ความหนาแน่น จุดเดือด จุดหลอมเหลว เป็นต้น

❑ สมบัติทางเคมี (chemical properties) สมบัติที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบภายในของสาร และการเกิดปฏิกิริยาเคมี เช่น การเผาไหม้ การเกิดสนิม การระเบิด การติดไฟ ความเป็นกรดเบส เป็นต้น

## 3. การจำแนกสสาร






❑ **สารเนื้อเดียว (Homogeneous substance)**

สารที่มองเห็นเป็นเนื้อเดียวกัน มีองค์ประกอบภายในเหมือนกันตลอดทั้งมวลของสาร เช่น น้ำดื่ม น้ำอัดลม น้ำเกลือ น้ำตาลทราย ทองคำ เป็นต้น

❑ **สารเนื้อผสม (Heterogeneous substance)**

สารตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปมาผสมกัน โดยมีลักษณะเนื้อสารและสมบัติไม่เหมือนกันตลอดทั้งมวลของสาร เช่น พริกเกลือ คอนกรีต น้ำคลอง เป็นต้น

❑ **ของผสม (Mixture)**

สารที่ประกอบด้วยสารตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปมาผสมกันโดยไม่จำกัดส่วนผสม ซึ่งอาจมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน หรือเนื้อผสมก็ได้

## สารเนื้อเดียว (Homogeneous substance)

❑ **สารบริสุทธิ์ (pure substance)**

สารที่ประกอบด้วยสารเพียงชนิดเดียว มีคุณสมบัติและส่วนประกอบเหมือนกันทุกประการ เช่น น้ำ ทองแดง น้ำตาล เป็นต้น

❑ **สารละลาย (solution)**

สารเนื้อเดียวที่เกิดจากสารบริสุทธิ์ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ซึ่งละลายรวมเป็นเนื้อเดียวกันและมีสัดส่วนขององค์ประกอบเหมือนกัน เช่น น้ำเกลือ น้ำเชื่อม น้ำโซดา เป็นต้น



## สารบริสุทธิ์ (Pure substance)

❑ **ธาตุ (element)**

สารที่ประกอบด้วยอะตอมเพียง 1 ชนิด ไม่สามารถแยกออกเป็นสารอื่นๆ ได้อีกด้วยวิธีทางเคมี เช่น เหล็ก (Fe) ทองแดง (Cu) แก๊สออกซิเจน ($O_2$) เป็นต้น

❑ **สารประกอบ (compound)**

สารที่ประกอบด้วยอะตอมของธาตุตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปมารวมกัน ในอัตราส่วนคงที่ เช่น

น้ำ ($H_2O$) $\Rightarrow$ 2H + O

แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) $\Rightarrow$ C + O

แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) $\Rightarrow$ C + 2O

กรดซัลฟิวริก ($H_2SO_4$) $\Rightarrow$ 2H + S + 4O

# ธาตุ (Element)

| โลหะ | อโลหะ | กึ่งโลหะ |
|---|---|---|
| ส่วนใหญ่มีสถานะเป็นของแข็ง ยกเว้น ปรอท (Hg) เป็นของเหลว | มีทั้ง 3 สถานะ เช่น ของแข็ง: คาร์บอน กำมะถัน ของเหลว: โบรมีน แก๊ส: ออกซิเจน ไฮโดรเจน | เป็นธาตุที่มีสมบัติอยู่ระหว่างโลหะกับอโลหะ เช่น ซิลิคอน (Si) มีจุดเดือดสูง นำไฟฟ้าได้เหมือนโลหะ แต่แข็งและเปราะ เหมือนอโลหะ เป็นต้น |
| แข็งเหนียว ดึงเป็นเส้นและตีเป็นแผ่นได้ | แข็งแต่เปราะหักง่าย ดึงเป็นเส้นหรือตีเป็นแผ่นไม่ได้ | |
| เคาะมีเสียงดังกังวาน | เคาะไม่มีเสียงดังกังวาน | |
| มีผิวมันวาว สะท้อนแสงได้ดี | ผิวด้านไม่มันวาว | |
| เป็นตัวนำความร้อนและไฟฟ้า | เป็นฉนวนความร้อนและไฟฟ้า | |
| ส่วนใหญ่จุดเดือด จุดหลอมเหลวสูง | ส่วนใหญ่จุดเดือด จุดหลอมเหลวต่ำ | |



**ธาตุและสัญลักษณ์ของธาตุบางตัว** "ตัวอักษร 1-2 ตัว โดยตัวอักษรตัวแรกเป็นตัวพิมพ์ใหญ่"

| Name | Symbol | Name | Symbol | Name | Symbol |
|---|---|---|---|---|---|
| Aluminum | Al | Fluorine | F | Oxygen | O |
| Arsenic | As | Gold | Au | Phosphorus | P |
| Barium | Ba | Hydrogen | H | Platinum | Pt |
| Bismuth | Bi | Iodine | I | Potassium | K |
| Bromine | Br | Iron | Fe | Silicon | Si |
| Calcium | Ca | Lead | Pb | Silver | Ag |
| Carbon | C | Magnesium | Mg | Sodium | Na |
| Chlorine | Cl | Manganese | Mn | Sulfur | S |
| Chromium | Cr | Mercury | Hg | Tin | Sn |
| Cobalt | Co | Nickel | Ni | Tungsten | W |
| Copper | Cu | Nitrogen | N | Zinc | Zn |

* ชื่อในภาษาละตินของธาตุบางตัว

Copper = Cuprum (Cu)
Gold = Aurum (Au)
Iron = Ferum (Fe)
Lead = Plumbum (Pb)
Mercury = Hydragerum (Hg)
Sodium = Natrium (Na)
Silver = Argentum (Ag)
Tungsten = Wolfram (W)
Potassium = Kalium (K)



# สารละลาย (Solution)

**"สารละลาย = ตัวทำละลาย (solvent) + ตัวถูกละลาย (solute)"**

**เกณฑ์ในการกำหนดตัวทำละลายและตัวถูกละลาย**

- ถ้าสารที่มารวมกันมีสถานะต่างกันดังนั้นสารที่มีสถานะเดียวกับสารละลายจะเป็นตัวทำละลาย
  เช่น น้ำเชื่อม อยู่ในสถานะของเหลว
  ดังนั้น น้ำ = ตัวทำละลาย และ น้ำตาลทราย = ตัวถูกละลาย

- ถ้าสารที่มารวมกันมีสถานะเดียวกันสารที่มีปริมาณมากกว่าจะเป็นตัวทำละลาย
  เช่น แอลกอฮอล์ฆ่าเชื้อ มีเอทานอล 70% และ น้ำ 30%
  ดังนั้น เอทานอล = ตัวทำละลาย และ น้ำ = ตัวถูกละลาย

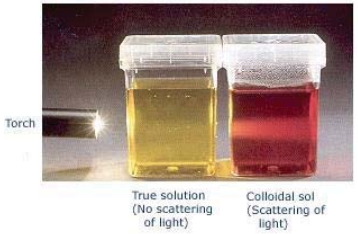


**ตัวอย่างสารละลาย**

| สถานะของสารละลาย | ตัวอย่างสารละลาย | ตัวทำละลาย | ตัวถูกละลาย |
|---|---|---|---|
| ของแข็ง | ทองเหลือง | ทองแดง (s) | สังกะสี (s) |
| | นาก | ทองคำ (s) | ทองแดง (s) |
| | เงินอะมัลกัม | เงิน (s) | ปรอท (l) |
| ของเหลว | น้ำเกลือ | น้ำ (l) | เกลือ (s) |
| | โซดา | น้ำ (l) | $CO_2$ (g) |
| แก๊ส | แก๊สหุงต้ม | โพรเพน+บิวเทน | |
| | ไอน้ำในอากาศ | น้ำ + อากาศ | |
| | อากาศ | แก๊สผสมต่างๆ เช่น<br>ก๊าซไนโตรเจน 78%<br>ก๊าซออกซิเจน 21%<br>ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 0.03%<br>ก๊าซเฉื่อย รวมทั้งสารพิษในอากาศ | |

## คอลลอยด์ (Colloid)

- มีขนาดอนุภาค $10^{-7}$ – $10^{-4}$ เซนติเมตร ซึ่งจะไม่มีการตกตะกอน
- สามารถผ่านกระดาษกรอง แต่ผ่านกระดาษเซลโลเฟนไม่ได้
- สามารถกระเจิงแสงได้ เรียกว่า "ปรากฏการณ์ทินดอลล์ (Tyndall effect)"



- องค์ประกอบของคอลลอยด์ จะไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกัน แต่จะแยกชั้นออกจากกัน ดังนั้นจึงต้องมี ตัวประสาน (Emulsifier) เช่น

  น้ำสลัด = น้ำมันพืช + น้ำส้มสายชู ⟹ ไข่แดง เป็นอีมัลซิฟายเออร์
  น้ำนม = ไขมันสัตว์ + น้ำ ⟹ เคซีน เป็นอีมัลซิฟายเออร์
  น้ำ + น้ำมัน ⟹ สบู่ เป็นอีมัลซิฟายเออร์



## สารแขวนลอย (Suspension)

- เป็นสารเนื้อผสมที่มีขนาดอนุภาคมากกว่า $10^{-4}$ เซนติเมตร
- เมื่อตั้งทิ้งไว้อนุภาคจะตกตะกอน
- ไม่สามารถผ่านกระดาษกรอง และกระดาษเซลโลเฟนได้

  ตัวอย่าง น้ำโคลน น้ำแป้ง เป็นต้น

**ชนิดของคอลลอยด์** "แบ่งตามสถานะของอนุภาคที่กระจายอยู่ในตัวกลาง และ สถานะของตัวกลาง"

| ชนิดของคอลลอยด์ | สถานะของอนุภาค | สถานะของตัวกลาง | ตัวอย่าง |
|---|---|---|---|
| ซอล (Sol) | ของแข็ง | ของเหลว | เลือด (เซลล์ในพลาสมา) |
| แอโรซอล (Aerosol) | ของเหลว | ก๊าซ | หมอก (น้ำในอากาศ)<br>เมฆ สเปรย์ |
| | ของแข็ง | ก๊าซ | ควัน (ฝุ่นละอองในอากาศ) |
| อิมัลชัน (Emulsion) | ของเหลว | ของเหลว | น้ำสลัด (น้ำมันพืชใน<br>น้ำส้มสายชู) นม น้ำกะทิ |
| เจล (Gel) | ของแข็ง | ของเหลว | เยลลี่ (น้ำในเจลาติน)<br>วุ้น ยาสีฟัน |
| โฟม (Foam) | แก๊ส | ของเหลว | วิปครีม (อากาศในครีม)<br>ฟองสบู่ ครีมโกนหนวด |
| | แก๊ส | ของแข็ง | เม็ดโฟม |



## การเปรียบเทียบ: สารละลาย คอลลอยด์ สารแขวนลอย

| การเปรียบเทียบ | สารละลาย | คอลลอยด์ | สารแขวนลอย |
|---|---|---|---|
| ลักษณะเนื้อสาร | เนื้อเดียว | เนื้อเดียว | เนื้อผสม |
| ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาค | $< 10^{-7}$ cm | $10^{-7}$ – $10^{-4}$ cm | $> 10^{-4}$ cm |
| การตกตะกอน | ไม่ตกตะกอน | ไม่ตกตะกอน | ตกตะกอน |
| การลอดผ่านกระดาษกรอง | ได้ | ได้ | ไม่ได้ |
| การลอดผ่านถุงเซลโลเฟน | ได้ | ไม่ได้ | ไม่ได้ |
| ปรากฏการณ์ทินดอลล์ | ไม่เกิด | เกิด | ไม่เกิด |

# การทดสอบความบริสุทธิ์ของสาร

- ❑ **ระเหยแห้งในถ้วยกระเบื้อง**

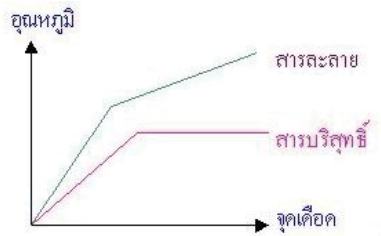
  ระเหยแล้วเหลือของแข็งอยู่ ⟹ สารละลาย

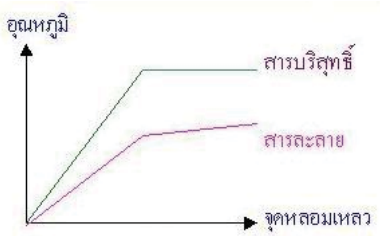
  ระเหยแล้วไม่เหลือของอะไร ⟹ สรุปไม่ได้

- ❑ **การหาจุดเดือด (Boiling point) / จุดหลอมเหลว (Melting point)**

  สารบริสุทธิ์ ⟹ จุดเดือด จุดหลอมเหลว คงที่ (มีช่วงการหลอมเหลวแคบ)

  สารละลาย ⟹ จุดเดือด จุดหลอมเหลว ไม่คงที่ (มีช่วงการหลอมเหลวกว้าง)




* สารละลายจะมีจุดเดือดสูงกว่าสารบริสุทธิ์ แต่มีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าสารบริสุทธิ์



# การแยกสาร

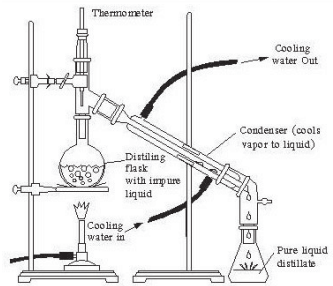
- ❑ **ใช้สมบัติจุดเดือดในการแยก**
  - การกลั่น: แยกสารออกจากสารละลายที่เป็นของเหลว

- ❑ **ใช้สมบัติการละลายในการแยก**
  - การกรอง: แยกของแข็งออกจากของเหลว
  - การใช้กรวยแยก: สารที่เป็นของเหลวและแยกคนละชั้น หรือมีขั้วต่างกัน
  - การสกัดด้วยไอน้ำ: สกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืช
  - การสกัดด้วยตัวทำละลาย: สารที่ละลายในตัวทำละลายต่างชนิดกันได้ไม่เท่ากัน
  - โครมาโตกราฟี: แยกสารที่มีความสามารถในการละลาย และดูดซับไม่เท่ากัน
  - การตกผลึก: อาศัยหลักการละลายได้ที่ต่างกัน



# การแยกสาร: การกลั่น

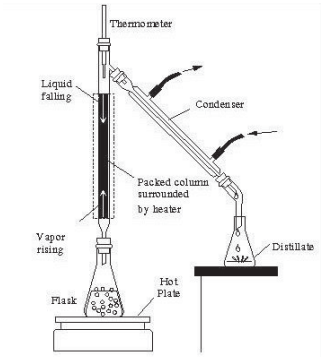
"กระบวนการที่ทำให้ของเหลวได้รับความร้อนจนกลายเป็นไอ แล้วทำให้ควบแน่นกลับมาเป็นของเหลวอีก"




การกลั่นธรรมดา

แยกตัวถูกละลายออกจากตัวทำละลาย โดยตัวถูกละลายและตัวทำละลายมี b.p. ต่างกันมาก (~80°C)

สารที่มี b.p. ต่ำ จะระเหยได้เร็วกว่าสารที่มี b.p. จุดเดือดสูง



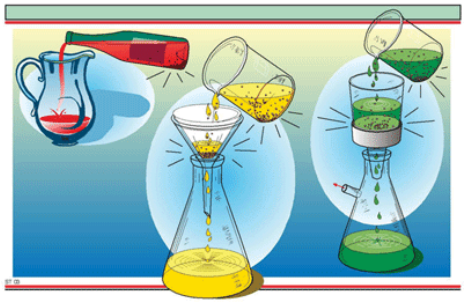

การกลั่นลำดับส่วน

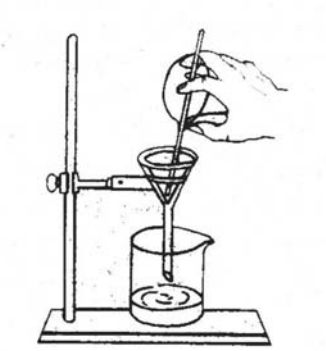
แยกตัวถูกละลายและตัวทำละลายที่มี b.p. ต่างกันเล็กน้อย



# การแยกสาร: การกรอง

"เหมาะสำหรับของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ หรือ ของแข็งที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำปนอยู่ด้วยกัน"





**ตัวอย่าง**

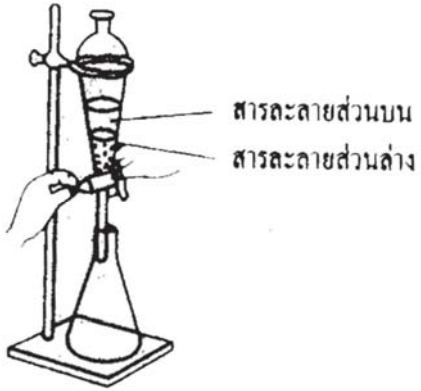
สารแขวนลอยต่างๆ

$Ca_3(PO_4)_2$ + $H_2O$ เนื่องจาก $Ca_3(PO_4)_2$ ไม่ละลายน้ำ

$Al(NO_3)_3$ + AgCl เนื่องจาก $Al(NO3)_3$ ละลายน้ำ แต่ AgCl ไม่ละลายน้ำ

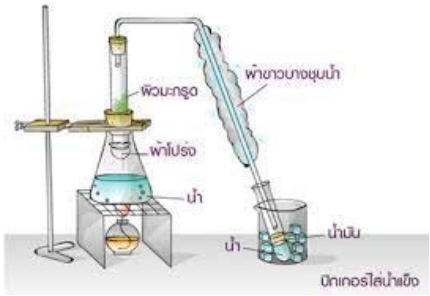
## การแยกสาร: การใช้กรวยแยก

"สารที่เป็นของเหลวและแยกคนละชั้น หรือมีขั้วต่างกัน" เช่น น้ำ + น้ำมัน



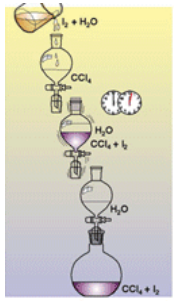



## การแยกสาร: การสกัด




การการสกัดด้วยไอน้ำ

ใช้หลักการให้ไอน้ำพาสารที่ต้องการออกมา โดยสารนั้นควรมี จุดเดือดต่ำ ระเหยง่าย และไม่ละลายน้ำ



การการสกัดด้วยตัวทำละลาย

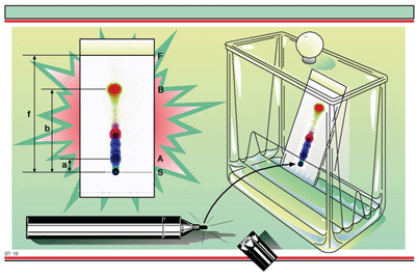
ใช้หลักการที่ว่าสารแต่ละชนิดมีความสามารถในการละลายในตัวทำละลายต่างชนิดกันได้ไม่เท่ากัน

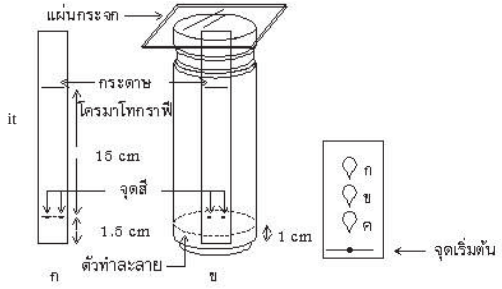
*ตัวทำละลายควรละลายสารที่ต้องการสกัดออกมาได้มากที่สุดและสิ่งเจือปนต้องติดมาน้อยที่สุด และควรระเหยได้ง่าย*



## การแยกสาร: โครมาโตกราฟี

"อาศัยหลักการที่ว่า สารแต่ละชนิดมีความสามารถในการละลายและดูดซับได้ไม่เท่ากัน และเหมาะสำหรับการแยกสารที่มีปริมาณน้อยๆ"



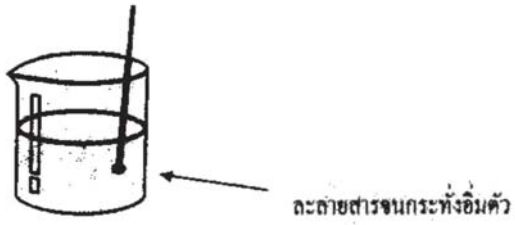



$R_f$ ( Rate of Flow ) = ระยะทางที่สารเคลื่อนที่ / ระยะทางที่ตัวทำละลายเคลื่อนที่



## การแยกสาร: การตกผลึก

"อาศัยหลักการละลายได้ที่ต่างกัน โดยสารที่ต้องการแยกและไม่ต้องการแยกจะต้องละลายได้ในตัวทำละลายชนิดเดียวกัน แต่ต้องมีความสามารถในการละลายต่างกัน"




**วิธีการตกผลึก**

- ใส่สารลงไปในตัวทำละลายทีละน้อย จนได้สารละลายอิ่มตัวที่อุณหภูมิสูง
- กรองสารละลายขณะร้อนเพื่อกำจัดสิ่งเจือปนที่ไม่ละลายออกไป
- ปล่อยให้สารละลายอิ่มตัวเย็นลงจะได้ของแข็งแยกออกมา ซึ่งเมื่อนำไปกรองแล้วทำให้แห้งก็จะได้ของแข็งบริสุทธิ์ตามต้องการ

**ตัวอย่าง** การคำนวณปริมาณสารที่ตกผลึก

| สาร | สูตร | สภาพการละลายได้เป็นกรัมในน้ำ 100 กรัม ณ T ต่างๆ (°C) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 | 20 | 60 | 100 |
| โซเดียมไนเตรต | $NaNO_3$ | 37.0 | 88.0 | 124.0 | 180.0 |
| โพแทสเซียมไอโอไดด์ | KI | 124.5 | 144.0 | 176.0 | 208.0 |
| โพแทสเซียมไนเตรต | $KNO_3$ | 13.3 | 31.6 | 110.0 | 246.0 |
| แคลเซียมโครเมต | $CaCrO_4$ | 13.0 | 10.4 | 6.1 | 3.2 |
| โซเดียมคลอไรด์ | NaCl | 35.7 | 36.0 | 37.3 | 39.8 |

- นำ KI 200 กรัม ไปละลายในน้ำ 100 กรัม ที่ 100 °C แล้วลดอุณหภูมิมาที่ 20 °C KI จะตกผลึกกี่กรัม (56 กรัม)
- นำ $KNO_3$ 300 กรัม ไปละลายในน้ำ 100 กรัม ที่ 100 °C แล้วลดอุณหภูมิมาที่ 0 ° $KNO_3$ จะตกผลึกกี่กรัม (232.7 กรัม)
- นำ $NaNO_3$ 500 กรัม ไปละลายในน้ำ 300 กรัม ที่ 100 °C แล้วลดอุณหภูมิมาที่ 60 °C $NaNO_3$ จะตกผลึกกี่กรัม (128 กรัม)



**คำนำหน้าที่ใช้กับหน่วย SI**

| คำนำหน้า | | สัญลักษณ์ | ความหมาย | ตัวอย่าง |
|---|---|---|---|---|
| เทรา | tera | T | $10^{12}$ | 1 เทราเมตร (Tm) = $1 \times 10^{12}$ m |
| กิกะ | giga | G | $10^{9}$ | 1 Gm = $1 \times 10^{9}$ m |
| เมกะ | mega | M | $10^{6}$ | 1 Mm = $1 \times 10^{6}$ m |
| กิโล | kilo | k | $10^{3}$ | 1 km = $1 \times 10^{3}$ m |
| เดซิ | deci | d | $10^{-1}$ | 1 dm = $1 \times 10^{-1}$ m = 0.1 m |
| เซนติ | centi | c | $10^{-2}$ | 1 cm = $1 \times 10^{-2}$ m = 0.01 m |
| มิลลิ | milli | m | $10^{-3}$ | 1 mm = $1 \times 10^{-3}$ m = 0.001 m |
| ไมโคร | micro | μ | $10^{-6}$ | 1 μm = $1 \times 10^{-6}$ m |
| นาโน | nano | n | $10^{-9}$ | 1 nm = $1 \times 10^{-9}$ m |
| พิโค | pico | p | $10^{-12}$ | 1 pm = $1 \times 10^{-12}$ m |



# 4. การวัด

"ระบบหน่วยนานาชาติ (International System of Units : SI unit)"

**หน่วย SI พื้นฐาน**

| ปริมาณพื้นฐาน | ชื่อหน่วย | สัญลักษณ์ |
|---|---|---|
| ความยาว | เมตร | m |
| มวล | กิโลกรัม | kg |
| เวลา | วินาที | s |
| กระแสไฟฟ้า | แอมแปร์ | A |
| อุณหภูมิ | เคลวิน | K |
| ปริมาณสาร | โมล | mol |
| ความเข้มแสง | แคนเดลา | cd |



**ตัวอย่าง** การเปลี่ยนหน่วย

1) 1 kg = $1 \times 10^{3}$ g = 1000 g

2) 1 $cm^3$ = $1 \times (10^{-2}\ m)^3$ = $1 \times 10^{-6}\ m^3$

3) 1 $dm^3$ = $1 \times (10^{-1}\ m)^3$ = $1 \times 10^{-3}\ m^3$

4) 1000 mL = $1000 \times 10^{-3}$ L = 1 L

   1 L = 1000 mL = 1000 $cm^3$ = 1 $dm^3$

   1 mL = 1 $cm^3$

5) 1 nm = $1 \times 10^{-9}$ m = 1000 pm

6) 0.0000000085 m = $8.5 \times 10^{-9}$ m = 8.5 nm

7) 1240000 mg = $1.24 \times 10^{6}$ mg = $1.24 \times 10^{6} \times 10^{-3}$ g = $1.24 \times 10^{3}$ g

   = ? kg = 1.24 kg

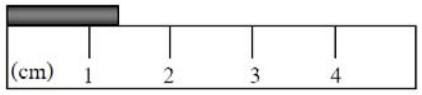
# 5. เลขนัยสำคัญ

**เลขนัยสำคัญ (Significant Figure)**

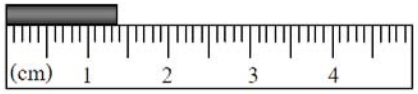
**“จำนวนหลักของตัวเลขที่แสดงความเที่ยงตรงของปริมาณที่วัดหรือคำนวณได้”**

**การอ่านขีดสเกล**

“อ่านค่าละเอียดที่สุดที่เครื่องวัดสามารถอ่านค่าได้ แล้วประมาณค่าอีก 1 ตำแหน่งถัดไป”

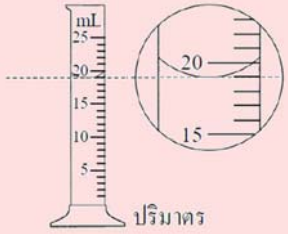


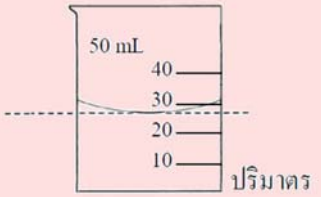

1.X ⟹ 1.2 หรือ 1.3




1.3X ⟹ 1.35 หรือ 1.36 หรือ 1.37

???






- **เมื่อตัวเลขมีค่ามากกว่า 1 เลขศูนย์ที่เขียนทางขวามือถือเป็นเลขนัยสำคัญ**

  2.0 มีเลขนัยสำคัญ 2 ตัว

  57.074 มีเลขนัยสำคัญ 5 ตัว

  6.080 มีเลขนัยสำคัญ 4 ตัว

  **แต่ถ้าตัวเลขมีค่าน้อยกว่า 1 เลขศูนย์ที่อยู่ท้ายตัวเลข และอยู่ระหว่างตัวเลขถือเป็นเลขนัยสำคัญ**

  0.090 มีเลขนัยสำคัญ 2 ตัว

  0.3005 มีเลขนัยสำคัญ 4 ตัว

  0.0040206 มีเลขนัยสำคัญ 5 ตัว

- **ตัวเลขที่ไม่มีจุดทศนิยม เลขศูนย์สุดท้ายอาจจะเป็นหรือไม่เป็นเลขนัยสำคัญก็ได้**

  400 อาจจะมีเลขนัยสำคัญ 1 2 หรือ 3 ตัว

  อาจหลีกเลี่ยงความสับสนโดยการใช้สัญกรณ์เชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Notation)

  $4 \times 10^2$ มีเลขนัยสำคัญ 1 ตัว

  $4.0 \times 10^2$ มีเลขนัยสำคัญ 2 ตัว

  $4.00 \times 10^2$ มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว

  * นับเฉพาะส่วนที่เป็นตัวเลข ไม่นับเลขยกกำลังฐาน 10



## การนับเลขนัยสำคัญ

- **ตัวเลขที่ไม่ใช่เลขศูนย์ เป็นเลขนัยสำคัญ**

  845 มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว

  1.2345 มีเลขนัยสำคัญ 5 ตัว

- **เลขศูนย์ที่อยู่ระหว่างตัวเลขถือเป็นเลขนัยสำคัญ**

  409 มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว

  50,802 มีเลขนัยสำคัญ 5 ตัว

- **เลขศูนย์ที่อยู่ทางซ้ายของตัวเลขที่ไม่ใช่ศูนย์ ไม่ถือเป็นเลขนัยสำคัญ**

  *จุดมุ่งหมายก็เพื่อแสดงตำแหน่งของจุดทศนิยมเท่านั้น*

  0.08 มีเลขนัยสำคัญ 1 ตัว

  0.003049 มีเลขนัยสำคัญ 4 ตัว



## การคำนวณเกี่ยวกับเลขนัยสำคัญ

- **การปัดเลข**
  - ตัวเลขถัดไปถ้ามากกว่า 5 ให้ปัดขึ้น
  - ตัวเลขถัดไปถ้าน้อยกว่า 5 ให้ปัดทิ้ง
  - ตัวเลขถัดไปถ้าเท่ากับ 5 ให้ดูตัวเลขที่อยู่ก่อนหน้าเลข 5
    - หากเป็นเลขคี่ ให้ปัดขึ้น
    - หากเป็นเลขคู่ รวมทั้งเลขศูนย์ ให้ปัดทิ้ง

54.67487 ทำให้มีเลขนัยสำคัญ 4 ตำแหน่ง ⟹ 54.674 ⟹ 54.67

0.8765 ทำให้มีเลขนัยสำคัญ 2 ตำแหน่ง ⟹ 0.876 ⟹ 0.88

5.875 ทำให้มีเลขนัยสำคัญ 3 ตำแหน่ง ⟹ 5.875 ⟹ 5.88

3.825 ทำให้มีเลขนัยสำคัญ 3 ตำแหน่ง ⟹ 3.825 ⟹ 3.82

❑ **การบวกและการลบ**

ผลลัพธ์ต้องมีจำนวนเลขทศนิยม เท่ากับข้อมูลที่มีเลขทศนิยมน้อยที่สุด

$53.27\ cm^3 + 16.8\ cm^3 = 70.07\ cm^3 \Rightarrow \underline{70.1\ cm^3}$

$26.5862\ L + 10.00\ L + 11\ L = 47.5862 \Rightarrow \underline{48\ L}$

❑ **การคูณและการหาร**

ผลลัพธ์ต้องมีจำนวนเลขนัยสำคัญเท่ากับข้อมูลที่มีเลขนัยสำคัญน้อยที่สุด

$0.9387\ cm \times 1.542\ cm \times 1.32\ cm = 2.7656\ cm^3 \Rightarrow \underline{2.76\ cm^3}$

$4.65\ g / 24.5\ cm^3 - 19.93\ cm^3 = 4.65\ g / 4.57\ cm^3$

$= 4.65\ g / 4.6\ cm^3$

$= 1.01\ g/cm^3 \Rightarrow \underline{1.0\ g/cm^3}$



**ตัวอย่าง**

- $(7.4 \times 10^3) + (2.1 \times 10^3) = \underline{9.5 \times 10^3}$
- $(2.22 \times 10^{-2}) - (4.10 \times 10^{-3}) = (2.22 \times 10^{-2}) - (0.41 \times 10^{-2})$

  $= \underline{1.81 \times 10^{-2}}$
- $(8.0 \times 10^4) - (5.0 \times 10^2) = (8.0 \times 5.0)(10^{4+2})$

  $= 40 \times 10^6$

  $= \underline{4.0 \times 10^7}$
- $(6.9 \times 10^7) / (3.0 \times 10^{-5}) = (6.9 / 3.0)(10^{7-(-5)})$

  $= \underline{2.3 \times 10^{12}}$
- $(8.5 \times 10^4) / (5.0 \times 10^9) = (8.5 / 5.0)(10^{4-9})$

  $= \underline{1.7 \times 10^{-5}}$



❑ **จำนวนที่แน่นนอนที่ได้มาจากนิยาม ไม่ต้องนำมาพิจารณาเลขนัยสำคัญ**

เช่น $T\ (K) = T\ (^{\circ}C) + 273.15$

ดังนั้น $25.0\ ^{\circ}C = 25.0 + 277.15\ K = 298.15\ K \Rightarrow \underline{298.2\ K}$

❑ **การคำนวณเกี่ยวกับสัญกรณ์วิทยาศาสตร์**

ไฮโดรเจน 1 กรัม ประกอบด้วย H = 602,200,000,000,000,000,000,000 อะตอม

แต่ละอะตอมของ H มีมวล = 0.000000000000000000000000166 g

**สัญกรณ์วิทยาศาสตร์ (Scientific Notation) $\Rightarrow N \times 10^n$ ;**

โดย N มีค่าตั้งแต่ 1 - 10 และ n เป็นจำนวนเต็ม (บวกหรือลบก็ได้)

ไฮโดรเจน 1 กรัม ประกอบด้วย H = $6.022 \times 10^{23}$ อะตอม

แต่ละอะตอมของ H มีมวล = $1.66 \times 10^{-24}$ g