เอกสารประกอบการบรรยาย
วิชา คม 101 หลักเคมี 1

สสารและการเปลี่ยนแปลง

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

อาจารย์ ดร. วีรินท์รดา ทะปะละ

สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

(http://www.science.mju.ac.th/chemistry/)

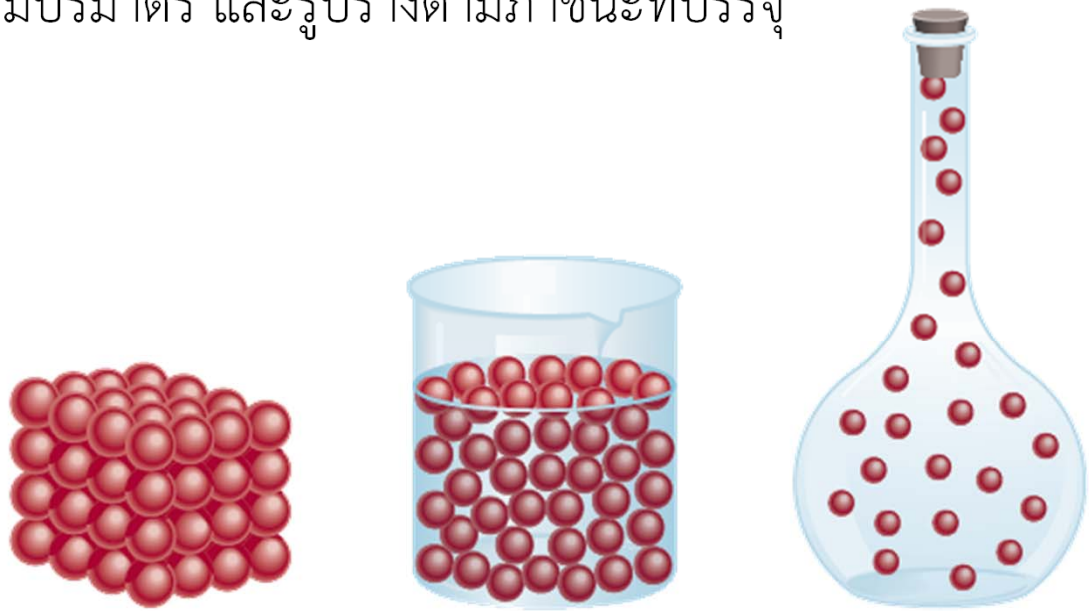
(http://www.appliedchem.mju.ac.th/)

1. สถานะของสสาร

“สสาร (matter) คือ สิ่งที่ต้องการที่อยู่ และ มีมวล”

<u>สสารมี 3 สถานะ คือ ของแข็ง ของเหลว แก๊ส</u>

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



❑ 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)

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

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

2. สมบัติของสสาร

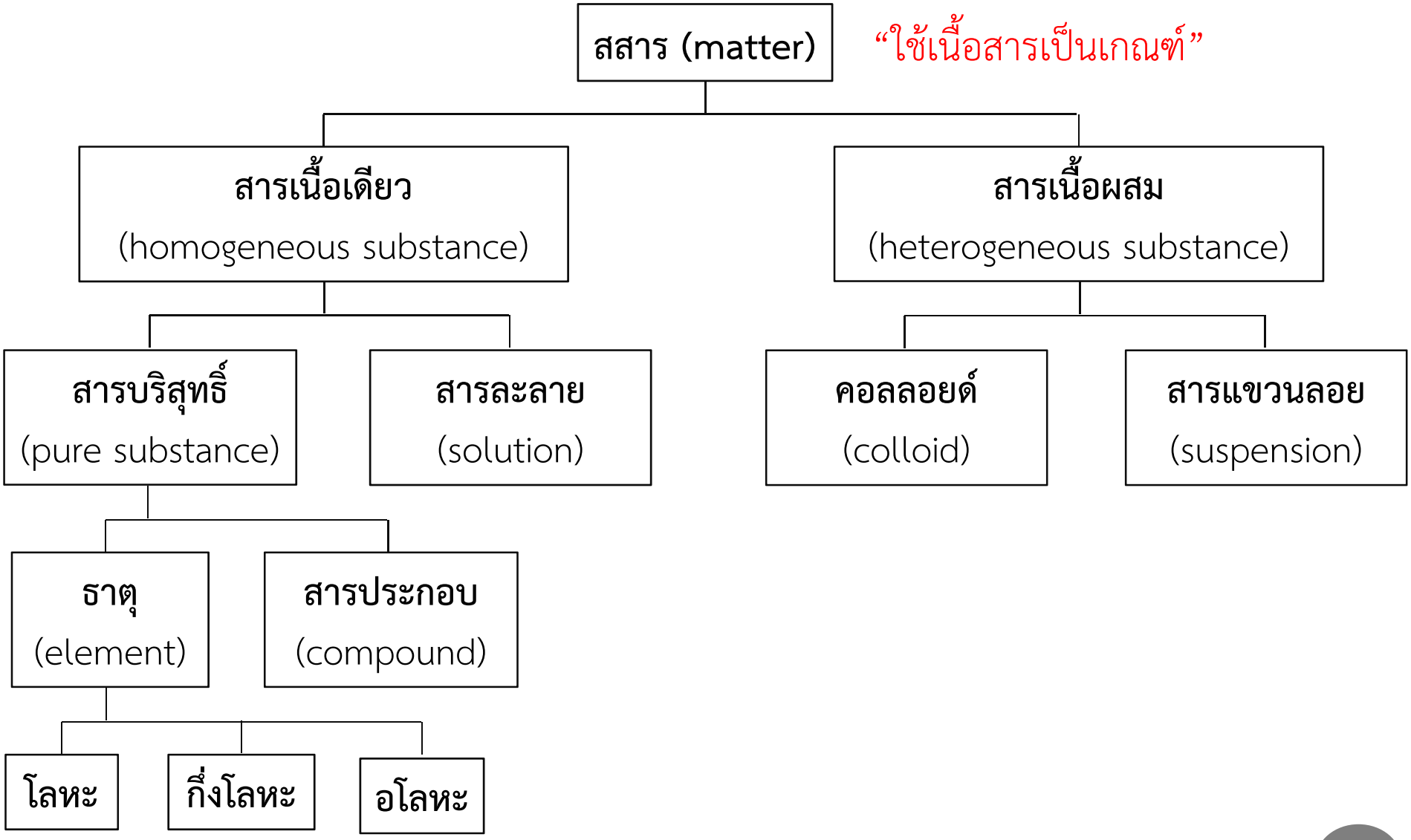
“ลักษณะเฉพาะตัว หรือ ลักษณะประจำตัวของสาร”

<u>สมบัติต่างๆ ของสาร แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ</u>

- 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 ซึ่งละลายรวมเป็นเนื้อเดียวกัน และมีสัดส่วนขององค์ประกอบเหมือนกัน 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) $\Longrightarrow$ 2H + O

แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) $\Longrightarrow$ C + O

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

กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) $\Longrightarrow$ 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)”

<u>เกณฑ์ในการกำหนดตัวทำละลายและตัวถูกละลาย</u>

- ถ้าสารที่มารวมกันมีสถานะต่างกันดังนั้นสารที่มีสถานะเดียวกับสารละลายจะเป็นตัวทำละลาย

  เช่น น้ำเชื่อม อยู่ในสถานะของเหลว

  ดังนั้น น้ำ = ตัวทำละลาย และ น้ำตาลทราย = ตัวถูกละลาย

- ถ้าสารที่มารวมกันมีสถานะเดียวกันสารที่มีปริมาณมากกว่าจะเป็นตัวทำละลาย

  เช่น แอลกอฮอล์ฆ่าเชื้อ มีเอทานอล 70% และ น้ำ 30%

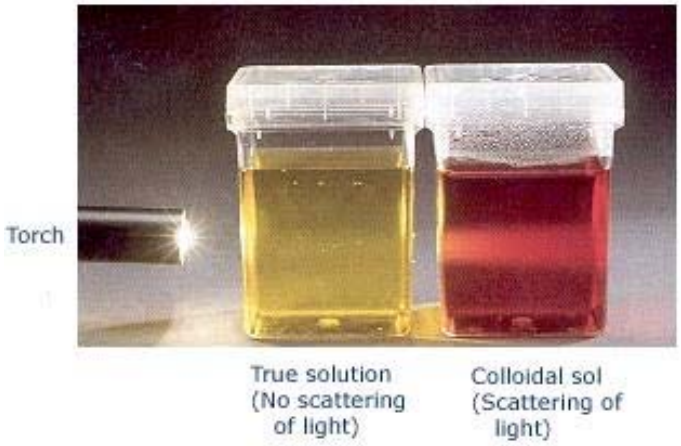
  ดังนั้น เอทานอล = ตัวทำละลาย และ น้ำ = ตัวถูกละลาย

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	
		ก๊าซไนโตรเจน 78%	
		ก๊าซออกซิเจน 21%	
		ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 0.03%	
		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 $\Longrightarrow$ ไข่แดง เป็นอีมัลซิฟายเออร์

  น้ำนม = ไขมันสัตว์ + น้ำ $\Longrightarrow$ เคซีน เป็นอีมัลซิฟายเออร์

  น้ำ + น้ำมัน $\Longrightarrow$ สบู่ เป็นอีมัลซิฟายเออร์

ชนิดของคอลลอยด์ “แบ่งตามสถานะของอนุภาคที่กระจายอยู่ในตัวกลาง และ สถานะของตัวกลาง”

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

สารแขวนลอย (Suspension)

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

<u>ตัวอย่าง</u> น้ำโคลน น้ำแป้ง เป็นต้น

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**

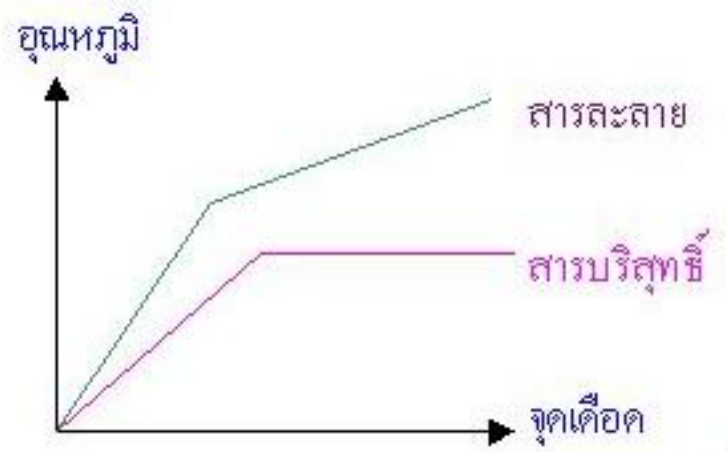
  ระเหยแล้วเหลือของแข็งอยู่ ⇒ สารละลาย

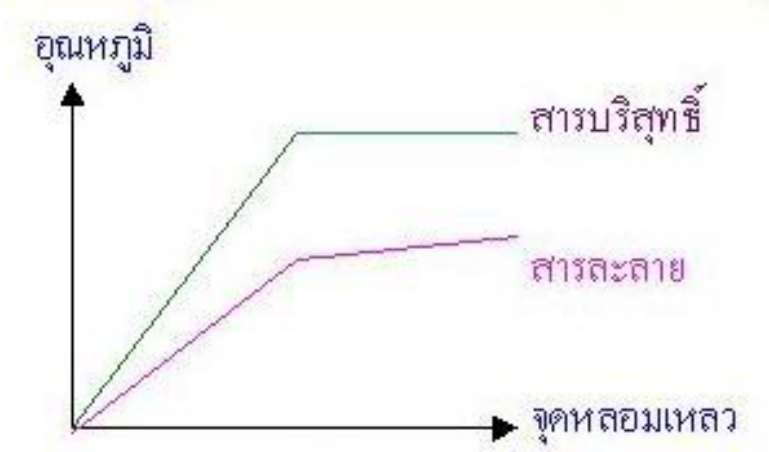
  ระเหยแล้วไม่เหลือของอะไร ⇒ สรุปไม่ได้

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

  สารบริสุทธิ์ ⇒ จุดเดือด จุดหลอมเหลว คงที่ (มีช่วงการหลอมเหลวแคบ)

  สารละลาย ⇒ จุดเดือด จุดหลอมเหลว ไม่คงที่ (มีช่วงการหลอมเหลวกว้าง)





* สารละลายจะมีจุดเดือดสูงกว่าสารบริสุทธิ์ แต่มีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าสารบริสุทธิ์

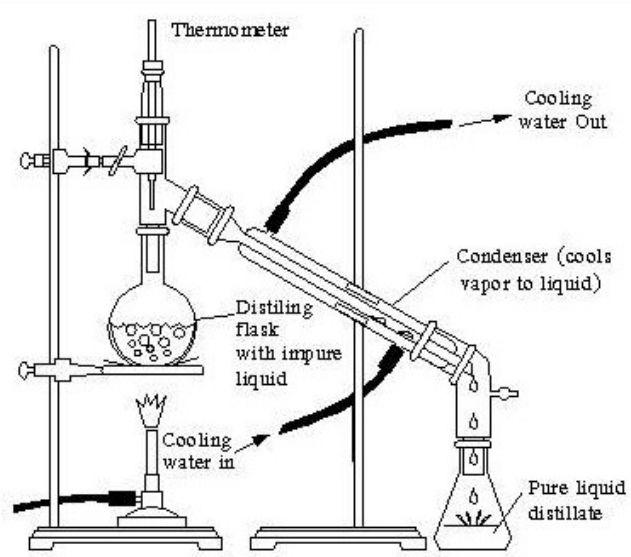
การแยกสาร

- **ใช้สมบัติจุดเดือดในการแยก**
  - การกลั่น: แยกสารออกจากสารละลายที่เป็นของเหลว

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

การแยกสาร: การกลั่น

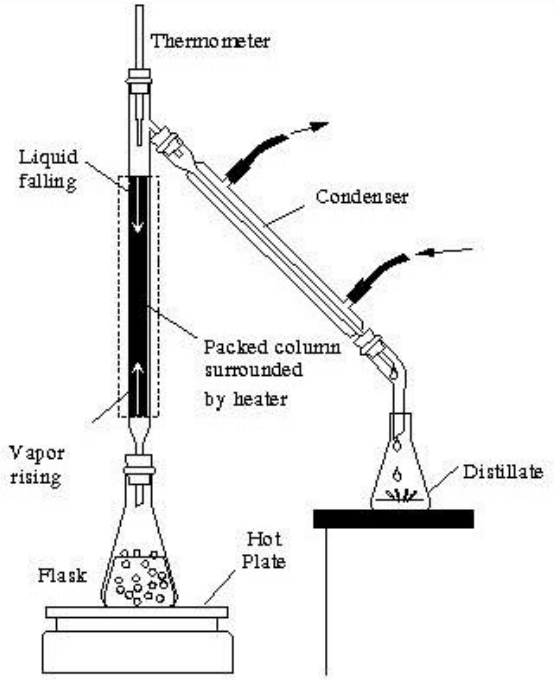
"กระบวนการที่ทำให้ของเหลวได้รับความร้อนจนกลายเป็นไอ แล้วทำให้ควบแน่นกลับมาเป็นของเหลวอีก"



การกลั่นธรรมดา

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

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

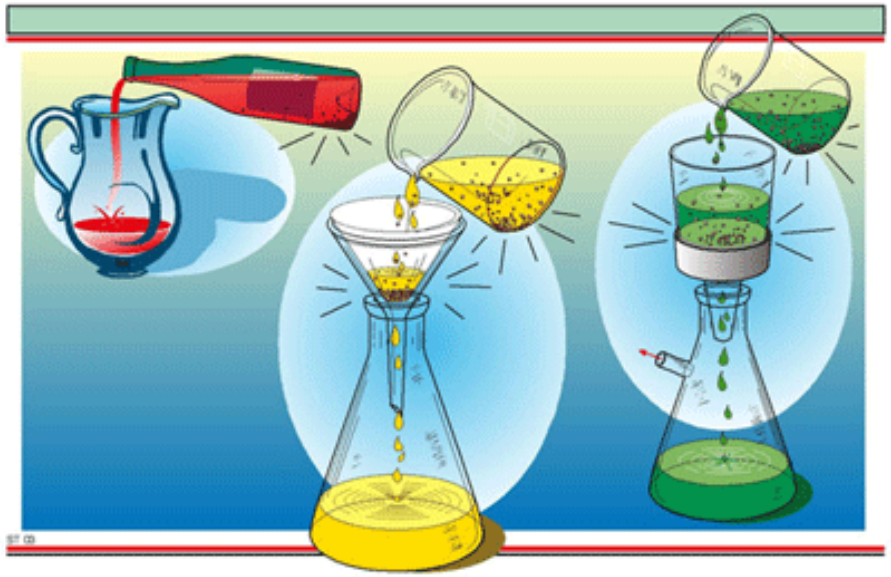


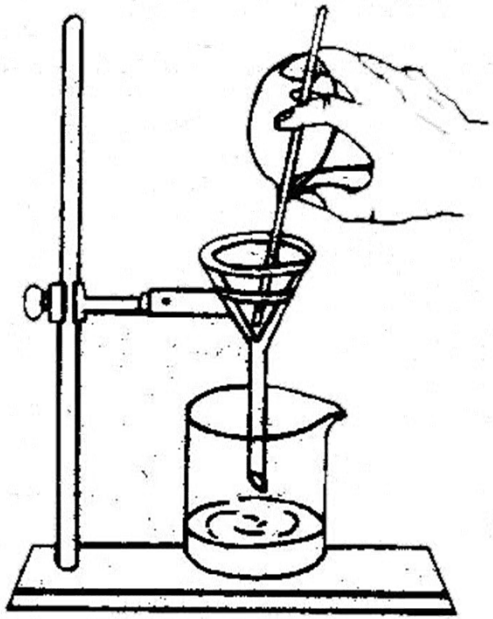
การกลั่นลำดับส่วน

แยกตัวถูกละลายและตัวทำละลายที่มี b.p. ต่างกันเล็กน้อย

การแยกสาร: การกรอง

"เหมาะสำหรับของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ หรือ ของแข็งที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำปนอยู่ด้วยกัน"





<u>ตัวอย่าง</u>

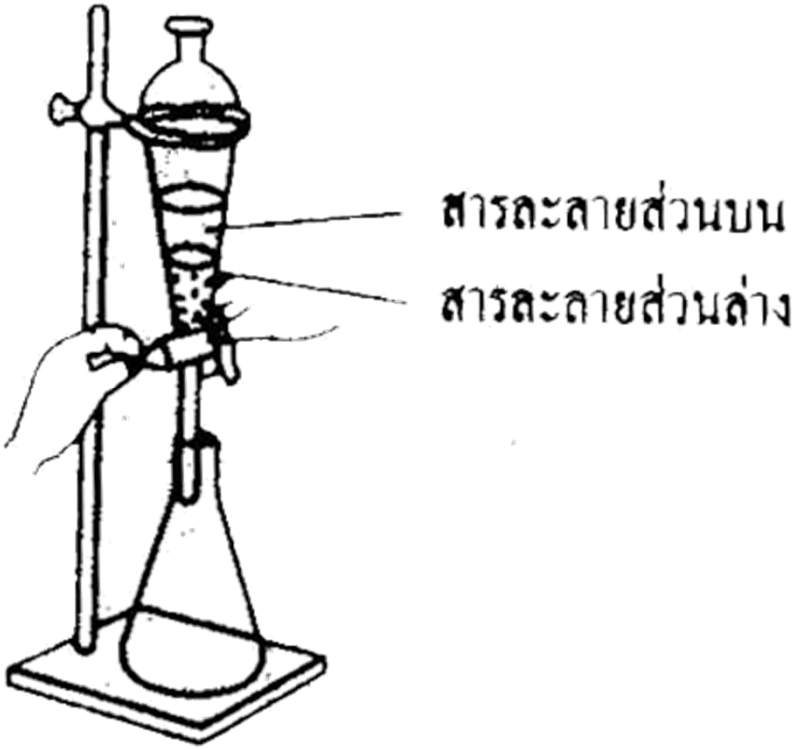
สารแขวนลอยต่างๆ

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

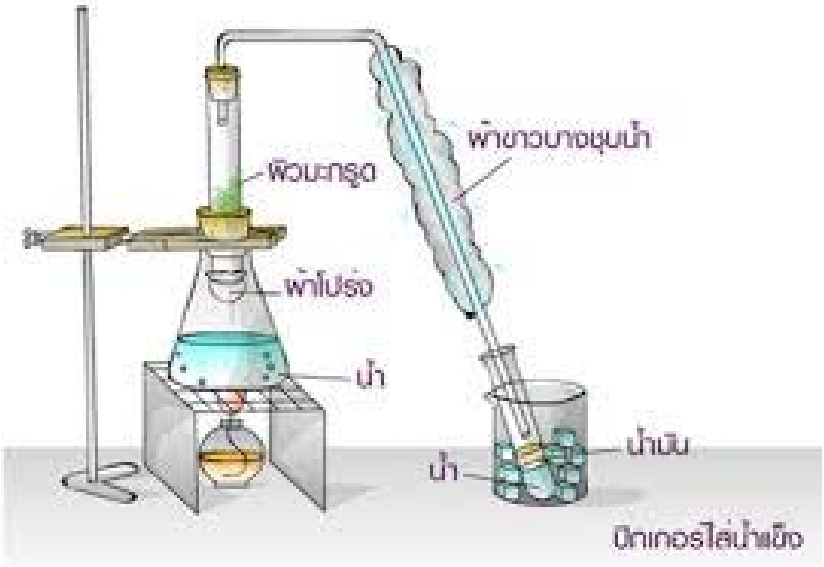
$Al(NO_3)_3$ + AgCl เนื่องจาก Al(NO3)$_3$ ละลายน้ำ แต่ AgCl ไม่ละลายน้ำ

การแยกสาร: การใช้กรวยแยก

“สารที่เป็นของเหลวและแยกคนละชั้น หรือมีขั้วต่างกัน” เช่น น้ำ + น้ำมัน

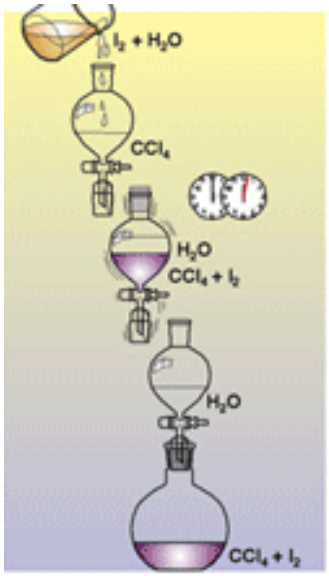


การแยกสาร: การสกัด



การการสกัดด้วยไอน้ำ

ใช้หลักการให้ไอน้ำพาสารที่ต้องการออกมา โดยสารนั้นควรมี จุดเดือดต่ำ ระเหยง่าย และไม่ละลายน้ำ



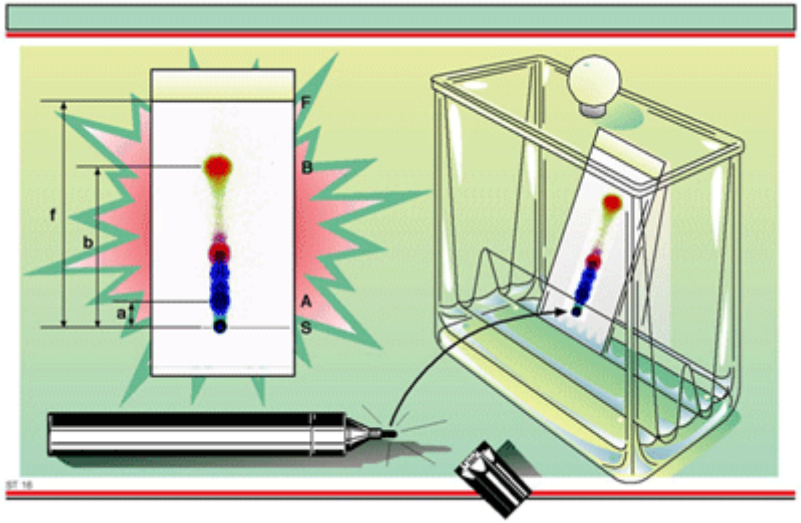
การการสกัดด้วยตัวทำละลาย

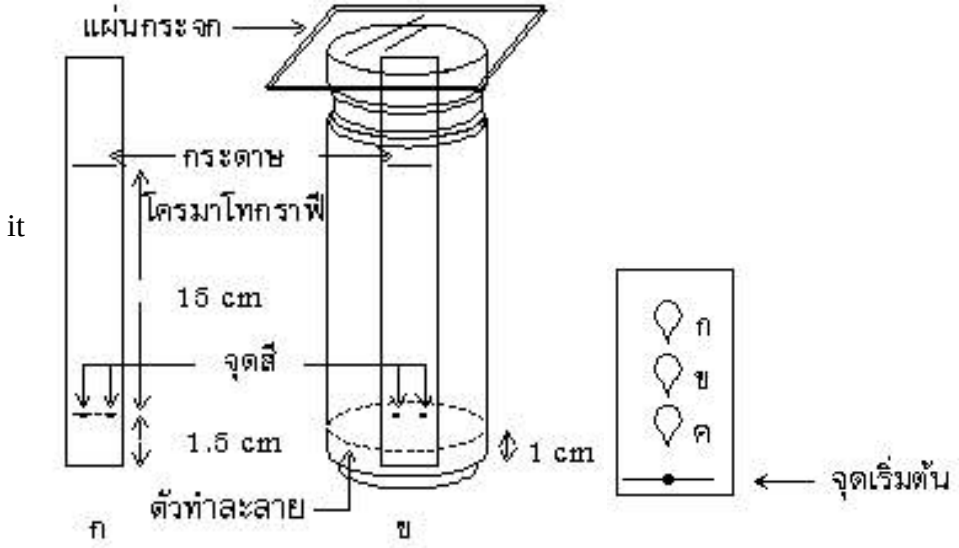
ใช้หลักการที่ว่าสารแต่ละชนิดมีความสามารถในการละลายในตัวทำละลายต่างชนิดกันได้ไม่เท่ากัน

ตัวทำละลายควรละลายสารที่ต้องการสกัดออกมาได้มากที่สุดและสิ่งเจือปนต้องติดมาน้อยที่สุด และควรระเหยได้ง่าย

การแยกสาร: โครมาโตกราฟี

"อาศัยหลักการที่ว่า สารแต่ละชนิดมีความสามารถในการละลายและดูดซับได้ไม่เท่ากัน และเหมาะสำหรับการแยกสารที่มีปริมาณน้อยๆ"

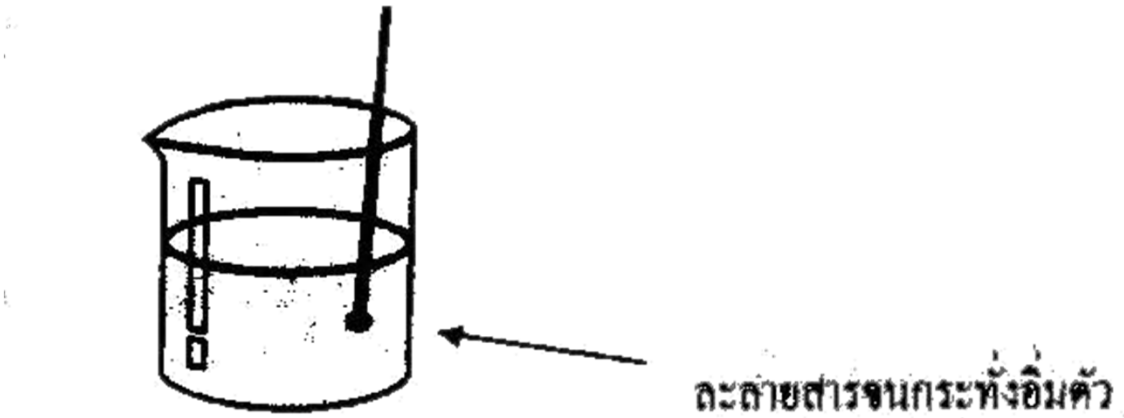




R_f (Rate of Flow) = ระยะทางที่สารเคลื่อนที่ / ระยะทางที่ตัวทำละลายเคลื่อนที่

การแยกสาร: การตกผลึก

"อาศัยหลักการละลายได้ที่ต่างกัน โดยสารที่ต้องการแยกและไม่ต้องการแยกจะต้องละลายได้ในตัวทำละลายชนิดเดียวกัน แต่ต้องมีความสามารถในการละลายต่างกัน"



<u>วิธีการตกผลึก</u>

- 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)

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

คำนำหน้าที่ใช้กับหน่วย SI

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

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

$= ?\ kg$ $= 1.24\ kg$

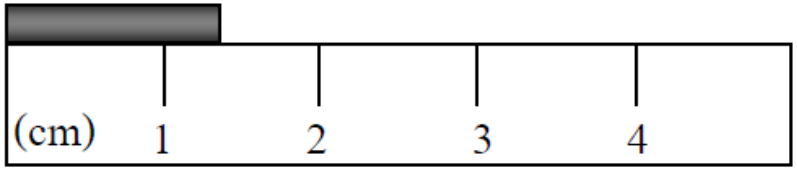
5. เลขนัยสำคัญ

เลขนัยสำคัญ (Significant Figure)

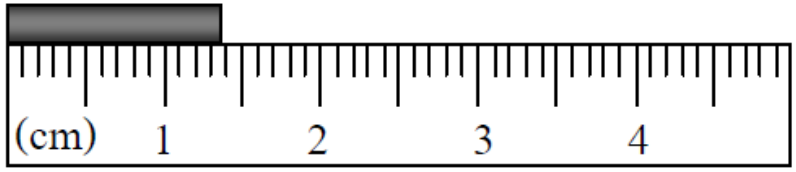
“จำนวนหลักของตัวเลขที่แสดงความเที่ยงตรงของปริมาณที่วัดหรือคำนวณได้”

<u>การอ่านขีดสเกล</u>

“อ่านค่าละเอียดที่สุดที่เครื่องวัดสามารถอ่านค่าได้ แล้วประมาณค่าอีก 1 ตำแหน่งถัดไป”

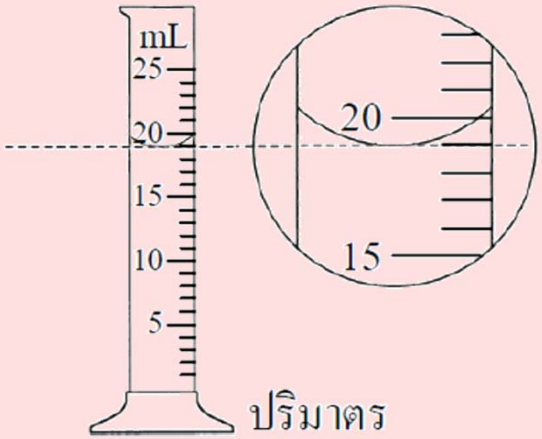


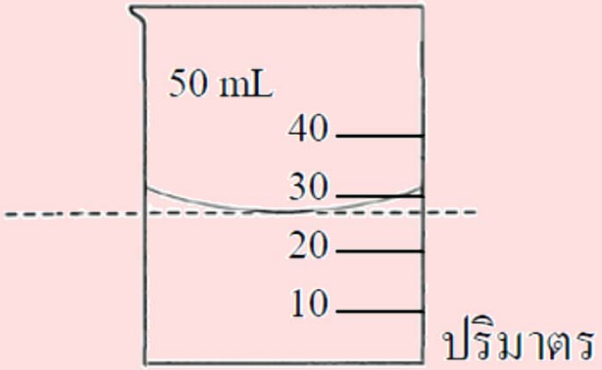
1.X ⟹ 1.2 หรือ 1.3



1.3X ⟹ 1.35 หรือ 1.36 หรือ 1.37

???





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

❑ **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)

4×10^2 มีเลขนัยสำคัญ 1 ตัว

4.0×10^2 มีเลขนัยสำคัญ 2 ตัว

4.00×10^2 มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว

* นับเฉพาะส่วนที่เป็นตัวเลข ไม่นับเลขยกกำลังฐาน 10

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

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

$26.5862\ L + 10.00\ L + 11\ L = 47.5862 \Rightarrow 48\ L$

❑ การคูณและการหาร

ผลลัพธ์ต้องมีจำนวนเลขนัยสำคัญเท่ากับข้อมูลที่มีเลขนัยสำคัญน้อยที่สุด

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

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

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

$= 1.01\ g/cm^3 \Rightarrow 1.0\ g/cm^3$

- **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 = 6.022×10^{23} อะตอม

แต่ละอะตอมของ H มีมวล = 1.66×10^{-24} g

ตัวอย่าง

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

- $(2.22 \times 10^{-2}) - (4.10 \times 10^{-3}) = (2.22 \times 10^{-2}) - (0.41 \times 10^{-2})$

  $= \underline{1.81 \times 10^{-2}}$

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

  $= 40 \times 10^{6}$

  $= \underline{4.0 \times 10^{7}}$

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

  $= \underline{2.3 \times 10^{12}}$

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

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