บทที่ 1
เคมีเบื้องต้น

ในการดำรงชีวิตของมนุษย์ตั้งแต่อดีต จนถึงปัจจุบัน ล้วนแล้วแต่จะต้องเกี่ยวข้องกับสารเคมีจำนวนมากมายที่อยู่รอบตัวเราตลอดเวลา เช่น เครื่องนุ่งห่ม ใยสังเคราะห์ต่าง ๆ โลหะผสม ยางสังเคราะห์ ซีเมนต์ เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ สี ยารักษาโรค ยาปฏิชีวนะ ปุ๋ย เครื่องสำอางค์ กระดาษ ยาฆ่าแมลง เป็นต้น ซึ่งสารต่าง ๆ เหล่านั้นทุกคนต้องยอมรับว่า เป็นสิ่งที่มนุษย์สรรค์สร้างขึ้น ที่ให้ทั้งประโยชน์และโทษไม่มากก็น้อย หากไม่มีความระมัดระวัง ไม่มีความรู้ และไม่รู้จักการบริโภคที่ถูกต้อง ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่เราจะต้องเรียนรู้เกี่ยวกับสารเคมีรอบตัวของเราให้มากขึ้น

1.1 เคมี คืออะไร

เคมี (chemistry) เป็นสาขาของวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ ศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสาร (substance) ศึกษาองค์ประกอบและโครงสร้างของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสาร องค์ประกอบและโครงสร้าง สภาวะ (condition) และ วิธีการเปลี่ยนแปลงสารซึ่งสามารถจำแนกออกเป็นสาขาย่อยได้ 5 สาขาคือ

1.1.1 อนินทรีย์เคมี (inorganic chemistry) เป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับสารประกอบที่ได้จากธาตุต่าง ๆ ที่ไม่ใช่สารประกอบไฮโดรคาร์บอน

1.1.2 อินทรีย์เคมี (organic chemistry) เป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับพวกสารประกอบไฮโดรคาร์บอนและอนุพันธ์ของไฮโดรคาร์บอน

1.1.3 ชีวเคมี (biochemistry) เป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับสมบัติของพวกสารประกอบประเภทต่าง ๆ และปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องในขบวนการของระบบสิ่งมีชีวิต

1.1.4 ฟิสิกส์เคมี (physical chemistry) เป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับสมบัติและการเปลี่ยนแปลงพลังงานของสารที่เกิดขึ้นในระหว่างเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมี

1.1.5 เคมีวิเคราะห์ (analytical chemistry) เป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์สารเคมีทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ ซึ่งรวมถึงการแยกสารผสมออกเป็นองค์ประกอบย่อยๆ

1.2 สมบัติและการเปลี่ยนแปลงของสสาร

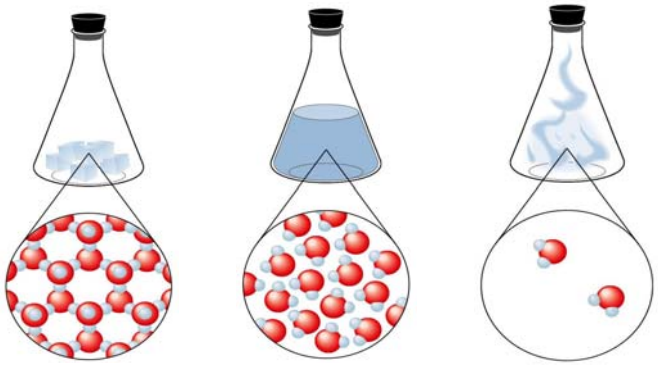
สารต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวเราสามารถทำการจำแนกออกจากกันได้ โดยอาศัยสมบัติทางกายภาพ (physical properties) และ สมบัติทางเคมี (chemical properties) ของสารซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของสารนั้น ๆ

1.2.1 สมบัติทางกายภาพ เป็นสมบัติประจำตัวของสารที่สังเกตได้โดยไม่ต้องใช้ปฏิกิริยาเคมี หรือเป็นสมบัติที่ไม่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบทางเคมี ซึ่งสมบัติทางกายภาพบางอย่างขึ้นอยู่กับปริมาณของสาร เช่น มวลสาร ความยาว ปริมาตร แต่สมบัติทางกายภาพบางอย่างก็ไม่เกี่ยวกับปริมาณของสารแต่เป็นสมบัติตามธรรมชาติของสารเอง เช่น ความหนาแน่น สี สถานะ การนำไฟฟ้า จุดหลอมเหลว จุดเดือด เป็นต้น

1.2.2 สมบัติทางเคมี เป็นสมบัติที่ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของสารนั้น เช่น เมื่อนำสารตั้งต้นที่ประกอบด้วย โซเดียมไฮดรอกไซด์ และ กรดไฮโดรคลอริก มาผสมกันจะเกิดปฏิกิริยาสะเทิน จะได้เกลือโซเดียมคลอไรด์ กับน้ำ ซึ่งเป็นสารผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่เกิดขึ้น ซึ่งถือเป็นการเปลี่ยนแปลงทางเคมีตามสมบัติของสารนั้น ซึ่งต่างจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่เป็นการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของสารเท่านั้น ไม่มีสารใหม่เกิดขึ้น เช่น นำเกลือผง กับ น้ำ มาผสมกัน จะได้สารละลายที่มีรสเค็ม ซึ่งสามารถได้เกลือกลับคืนมาเพื่อทำการระเหยน้ำออกไป

1.3 การจำแนกสสาร

สสาร (matter) เป็นสิ่งที่อยู่รอบตัว ซึ่งสามารถจำแนกได้เป็น 3 สถานะ ได้แก่ ของแข็ง (solid) ของเหลว (liquid) และ แก๊ส (gas) เช่น น้ำแข็ง มีสถานะเป็นของแข็ง น้ำ มีสถานะเป็นของเหลว และไอน้ำ มีสถานะเป็นแก๊ส ดังภาพที่ 1.1 เนื่องจากสสารมีอยู่เป็นจำนวนมากมายหลายชนิด บางชนิดก็มีความบริสุทธิ์ บางชนิดก็มีสารเจือปน หรือมีสารผสมต่าง ๆ อยู่เป็นจำนวนมาก ในการจำแนกชนิดของสสารออกเป็นประเภทต่างๆ โดยใช้ลักษณะเนื้อสารเป็นเกณฑ์ในการจัดจำแนก แสดงในภาพที่ 1.2

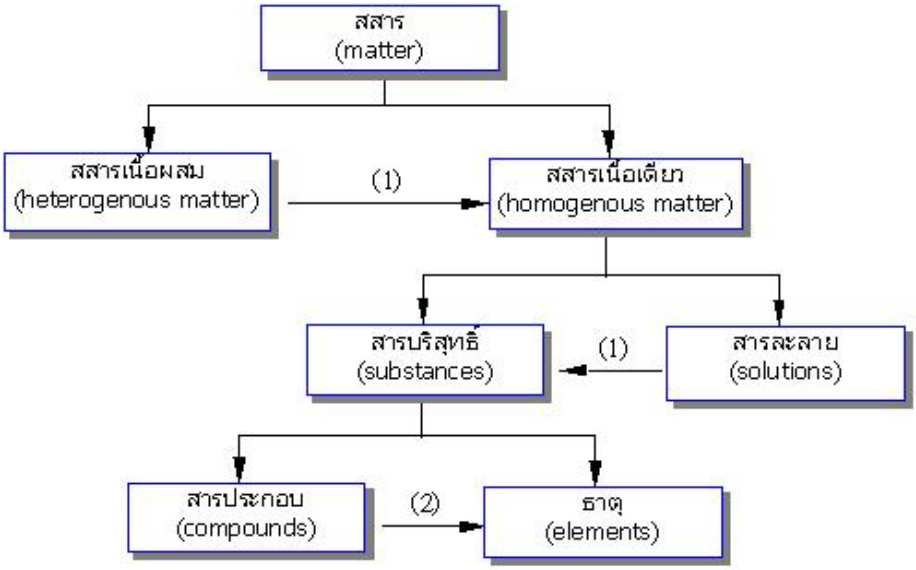


น้ำแข็ง (ของแข็ง) น้ำ (ของเหลว) ไอน้ำ (แก๊ส)

ภาพที่ 1.1 โมเลกุลของน้ำในสถานะของแข็ง ของเหลวและแก๊ส
ที่มา (Zumdahl, 2004)

1.3.1 สสารเนื้อผสม หรือ สารวิวิธพันธ์ (heterogenous matter) เป็นสารที่สมบัติและองค์ประกอบไม่กลมกลืนเป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งในบางครั้งจะมองเป็นเนื้อเดียวกันก็ตาม ส่วน **สสารเนื้อเดียว** หรือ สารเอกพันธ์ (homogenous matter) เป็นสารที่มีสมบัติและองค์ประกอบกลมกลืนเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่ว่าจะมองด้วยตา หรือการทดลอง สำหรับสารเนื้อเดียวยังสามารถจำแนกออกเป็นสารละลาย (solution) และ สารบริสุทธิ์ (substance)

1.3.2 สารละลาย เป็นสารเนื้อเดียวประเภทหนึ่ง เป็นสารที่ไม่บริสุทธิ์ มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดไม่คงที่ มีอัตราส่วนไม่แน่นอน ไม่มีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้น มีสมบัติคล้ายของเดิม มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 10^{-7}เซนติเมตร สามารถผ่านกระดาษกรองและกระดาษเซลโลเฟน ได้ ในสารละลายจะมีองค์ประกอบอยู่ 2 ส่วน คือ **ตัวถูกละลาย** (solute) เป็นสารที่มีปริมาณน้อยในสารละลาย และ **ตัวทำละลาย (solvent)** เป็นสารที่มีปริมาณมากหรือมักจะเป็นสถานะเดียวกับสารละลาย สารละลายจะมีสถานะต่าง ๆ กัน เช่น ของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซก็ได้ ขึ้นอยู่กับตัวถูกละลายและตัวทำละลาย ดังตัวอย่างในตารางที่ 1.1



(1) กระบวนการแยกสารทางกายภาพ

(2) กระบวนการแยกสารทางเคมี

ภาพที่ 1.2 แผนผังการจำแนกสสาร

ที่มา (Moore, Stanitski & Jurs, 2002, p.18)

1.3.3 สารบริสุทธิ์ เป็นสารเนื้อเดียว ที่มีองค์ประกอบของสารเพียงชนิดเดียว จะมีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดที่คงที่ สารบริสุทธิ์สามารถจำแนกได้เป็น ธาตุ และสารประกอบ

1.3.4 ธาตุ (element) หมายถึง สารเนื้อเดียวประเภทสารบริสุทธิ์ ที่ไม่สามารถแยกสลายเป็นสารอื่นได้โดยวิธีการใดๆ ทางเคมี ปัจจุบันมีธาตุที่บรรจุในตารางธาตุแล้ว 109 ธาตุ ซึ่งอาจจะเป็น ธาตุธรรมชาติ (natural element) หรือธาตุประดิษฐ์ (manmade element) อาจจะมีสมบัติเป็นธาตุโลหะ (metal) ธาตุอโลหะ (non-metal) หรือธาตุกึ่งโลหะ (metalloid หรือ semi-metal) สำหรับชื่อธาตุต่าง ๆ สัญลักษณ์ธาตุ และที่มาของชื่อและสัญลักษณ์ ได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.1 ตัวอย่างของสารละลายในสถานะต่าง ๆ

สถานะของสารละลาย	ตัวอย่างสารละลาย	สารที่เป็นองค์ประเกอบ
ก๊าซ	อากาศ	ไนโตรเจน ออกซิเจน และสารอื่นๆ
	แก๊สธรรมชาติ	มีเทน เฮกเซน และสารอื่นๆ
ของเหลว	น้ำทะเล	น้ำ โซเดียมคลอไรด์ และสารอื่นๆ
	น้ำส้มสายชู	น้ำ และ กรดอะซิติก
	น้ำโซดา	น้ำ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำตาล และสารอื่นๆ
ของแข็ง	ทองเหลือง	สังกะสี และ ทองแดง
	พาลลาเดียม-ไฮโดรเจน	พาลลาเดียม และ ไฮโดรเจน

ที่มา (Petrucci, Harwood, & Herring, 2002, p. 535)

ตารางที่ 1.2 ชื่อธาตุ สัญลักษณ์และที่มาของชื่อธาตุ

ชื่อธาตุ		สัญลักษณ์	ที่มาของชื่อและสัญลักษณ์
ภาษาอังกฤษ	ภาษาไทย		
Actinium	แอกทิเนียม	Ac	ภาษากรีก “aktis , akinos” หมายถึง รังสี (beam, rays)
Aluminium	อะลูมิเนียม	Al	ภาษาละติน “alumen” หมายถึง สารส้ม (alum)
Americium	อะเมริเซียม	Am	ประเทศอเมริกา
Antinony	พลวง	Sb	ภาษาละติน “stibium” หมายถึง เครื่องหมาย (mark)
Argon	อาร์กอน	Ar	ภาษากรีก “argon”หมายถึง เฉื่อย (inactive)
Arsenic	สารหนู	As	ภาษาละติน “arsenicum” ภาษากรีก “arsenikon” หมายถึง สีเหลือง
Astatine	แอสทาทีน	At	ภาษากรีก “astatos” หมายถึง ไม่เสถียร (unstable)
Barium	แบเรียม	Ba	ภาษากรีก “barys” หมายถึง หนัก (heavy)
Berkelium	เบอร์คีเลียม	Bk	สถานที่ตั้งแห่งหนึ่งของมหาวิทยาลัยในแคลิฟอเนีย
Beryllium	เบริลเลียม	Be	ภาษากรีก “beryllos” หมายถึง beryl
Bismuth	บิสมัท	Bi	ภาษาเยอรมัน “weisse Masse” [มวลสีขาว (white mass)]
Boron	โบรอน	B	ภาษาอารเบีย “buraq”
Bromine	โบรมีน	Br	ภาษากรีก “bromos” หมายถึง stench
Cadmium	แคดเมียม	Cd	ภาษาละติน “cadmia”

ตารางที่ 1.2 ชื่อธาตุ สัญลักษณ์และที่มาของชื่อธาตุ (ต่อ)

ชื่อธาตุ		สัญลักษณ์	ที่มาของชื่อและสัญลักษณ์
ภาษาอังกฤษ	ภาษาไทย		
Calcium	แคลเซียม	Ca	ภาษาละติน “calx” หมายถึง หินปูน (lime)
Californium	แคลิฟอร์เนียม	Cf	รัฐแคลิฟอเนีย
Carbon	คาร์บอน	C	ภาษาละติน “carbon” หมายถึง ถ่าน (charcoal)
Cerium	ซีเรียม	Ce	Ceres
Cesium	ซีเซียม	Cs	ภาษาละติน “caesius” หมายถึง ท้องฟ้าสีคราม (sky blue)
Chlorine	คลอรีน	Cl	ภาษากรีก “chloros” หมายถึง greenish-yellow
Chromium	โครเมียม	Cr	ภาษากรีก “chroma” หมายถึง สี (color)
Cobalt	โคบอลต์	Co	ภาษาเยอรมัน “Kobold” หมายถึง goblin
Copper	ทองแดง	Cu	ภาษาละติน “cuprum”
Curium	คูเรียม	Cm	นักวิทยาศาสตร์ “ปีแอร์ และแมรี่ คูรี่”
Dysprosium	ดิสโพรเนียม	Dy	ภาษากรีก “dysprositos” หมายถึง hard to get at
Einsteinium	ไอน์สไตเนียม	Es	ชื่อนักวิทยาศาสตร์ Albert Einstein
Erbium	เออร์เบียม	Er	เมือง Ytterby ในประเทศสวีเดน
Europium	ยูโรเพียม	Eu	ชื่อทวีปยุโรป (Europe)
Fermium	เฟอร์เมียม	Fm	ชื่อนักวิทยาศาสตร์ Enrido Fermi
Fluorine	ฟลูออรีน	F	ภาษาละติน “fluere” หมายถึง ไหล(flow) ,flux
Francium	แฟรนเซียม	Fr	ประเทศฝรั่งเศส (France)
Gadolinium	แกโดลิเนียม	Gd	แร่ gadolinite
Gallium	แกลเลียม	Ga	ภาษาละติน “Gallia”
Germanium	เจอร์เมเนียม	Ge	ภาษาละติน “Germania”
Gold	ทองคำ	Au	ภาษาละติน “aurum” หมายถึง shining dawn
Hafnium	แฮฟเนียม	Hf	ภาษาละติน “Hafnia”
Helium	ฮีเลียม	He	ภาษากรีก “helios” หมายถึง ดวงอาทิตย์ (sun)
Holmium	โฮลเมียม	Ho	ภาษาละติน “Holmia”
Hydrogen	ไฮโดรเจน	H	ภาษากรีก “hydro + genes” หมายถึง น้ำ (water-forming)
Indium	อินเดียม	In	ภาษาละติน “indicum” หมายถึง indigo
Iodine	ไอโอดีน	I	ภาษากรีก “iodes” หมายถึง สีม่วง (violet)
Iridium	อิริเดียม	Ir	ภาษาละติน “iris” หมายถึง รุ้งกินน้ำ (rainbow)
Iron	เหล็ก	Fe	ภาษาละติน “ferrum” หมายถึง เหล็ก (iron)
Krypton	คริปทอน	Kr	ภาษากรีก “kryptos” หมายถึง ซุกซ่อน (hidden)

ตารางที่ 1.2 ชื่อธาตุ สัญลักษณ์และที่มาของชื่อธาตุ (ต่อ)

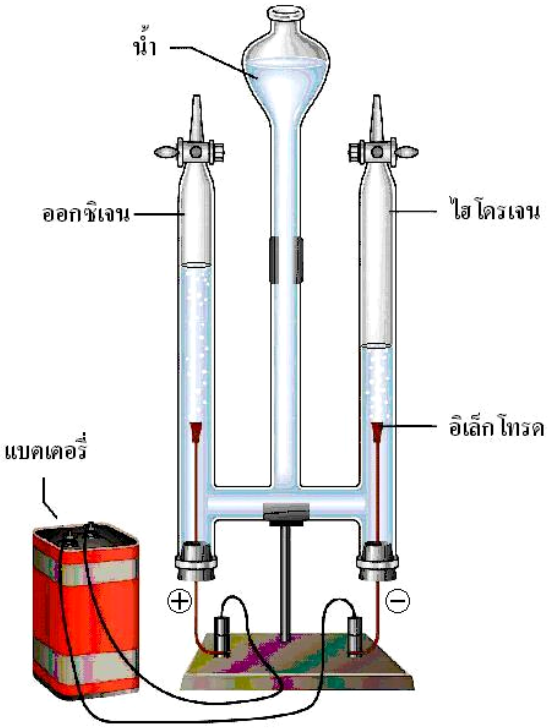
ชื่อธาตุ		สัญลักษณ์	ที่มาของชื่อและสัญลักษณ์
ภาษาอังกฤษ	ภาษาไทย		
Lanthanum	แลนทานัม	La	ภาษากรีก “lanthanein” หมายถึง to lie hidden
Lawrencium	ลอร์เรนเซียม	Lr	นักวิทยาศาสตร์ Ernest O. Lawerence
Lead	ตะกั่ว	Pb	ภาษาละติน “plumbem”
Lithium	ลิเทียม	Li	ภาษากรีก “lithos”
Lutetium	ลูทีเชียม	Lu	ชื่อนักกวี Lutetia
Magnesium	แมกนีเซียม	Mg	Magnesia
Manganese	แมงกานีส	Mn	ภาษาละติน “magnes” หมายถึง magnet
Mendelevium	เมนเดลีเวียม	Md	นักวิทยาศาสตร์ Dmitri Mendeleev
Mercury	ปรอท	Hg	ภาษาละติน “hydragyrum” หมายถึง เงินเหลว (liquid silver)
Molybdenum	โมลิบดีนัม	Mo	ภาษากรีก “molybdos” หมายถึง ตะกั่ว (lead)
Neodymium	นีโอดิเมียม	Nd	ภาษากรีก “neos,didynos” หมายถึง คู่แฝดใหม่ (new twin)
Neon	นีออน	Ne	ภาษากรีก “neos” หมายถึง ใหม่ (new)
Neptunium	เนฟทูเนียม	Np	ชื่อดาวเคราะห์เนฟจูน (Neptune)
Nickel	นิกเกิล	Ni	ภาษาเยอรมัน “Nickel”
Niobium	ไนโอเบียม	Nb	เมือง Niobe
Nitrogen	ไนโตรเจน	N	ภาษาละติน “nitrum” หรือภาษากรีก “nitron” หมายถึง native soda
Nobelium	โนเบเลียม	No	ชื่อนักวิทยาศาสตร์ Alfred Nobel
Osmium	ออสเมียม	Os	ภาษากรีก “osme” หมายถึง ดม (smell)
Oxygen	ออกซิเจน	O	ภาษากรีก “oxys + genes” หมายถึง กรด (acid former)
Paladium	แพลเลเดียม	Pd	ภาษากรีก “Pallas”
Phosphorus	ฟอสฟอรัส	P	ภาษากรีก “phosphoros” หมายถึง light bearing
Platinum	แพลทินัม	Pt	ภาษาสเปน “platina”
Plutonium	พลูโทเนียม	Pu	ดาวเคราะห์พลูโต (Pluto)
Polonium	พอโลเนียม	Po	ประเทศโปแลนด์ (Poland)
Potassuim	โพแทสเซียม	K	ภาษาละติน “kalium”
Praseodymium	เพรซิโอดีเมียม	Pr	ภาษากรีก “prasios+didymos” หมายถึง คู่แฝดเขียว (green twin)
Promethium	โพรมีเทียม	Pm	Prometheus
Protactinium	โพรแทกทิเนียม	Pa	ภาษากรีก “protos” หมายถึง อันดับหนึ่ง (first)
Radium	เรเดียม	Ra	ภาษาละติน “radius” หมายถึง รังสี (ray)
Radon	เรดอน	Rn	มาจาก radium

ตารางที่ 1.2 ชื่อธาตุ สัญลักษณ์และที่มาของชื่อธาตุ (ต่อ)

ชื่อธาตุ		สัญลักษณ์	ที่มาของชื่อและสัญลักษณ์
ภาษาอังกฤษ	ภาษาไทย		
Rhenium	รีเนียม	Re	ภาษาละติน “Rhenus”
Rhodium	โรเดียม	Rh	ภาษากรีก “rhodon”
Rubidium	รูบิเดียม	Rb	ภาษาละติน “rubidius”
Ruthenium	รูทีเนียม	Ru	ภาษาละติน “Ruthenia”
Samarium	ซาแมเรียม	Sm	แร่ samarskite
Scandium	สแคนเดียม	Sc	ภาษาละติน “Scandia”
Selenium	ซีลีเนียม	Se	ภาษากรีก “selene”
Silicon	ซิลิคอน	Si	ภาษาละติน “silex,silicis” หมายถึง flint
Silver	เงิน	Ag	ภาษาละติน “argentum”
Sodium	โซเดียม	Na	ภาษาอังกฤษ “soda” ภาษาละติน “natrium”
Strontium	สทอนเชียม	Sr	เมือง Strontian ในประเทศสกอตแลนด์
Sulfur	กำมะถัน	S	ภาษาละติน “sulphurium”
Tantalum	แทนทาลัม	Ta	ภาษากรีก “Tantalos”
Technetium	เทคนีเซียม	Tc	ภาษากรีก “technetos” หมายถึง (artificial)
Tellurium	เทลลูเรียม	Te	ภาษาละติน “tellus” หมายถึง พื้นโลก (earth)
Terbium	เทอร์เบียม	Tb	หมู่บ้าน Ytterby ในสวีเดน
Thallium	แทลเลียม	Tl	ภาษากรีก “thallos” หมายถึง (twig)
Thorium	ทอเรียม	Th	ชื่อเทพเจ้า Thor
Thulium	ทูเลียม	Tm	Thule
Tin	ดีบุก	Sn	ภาษาละติน “stannum”
Titanium	ไทเทเนียม	Ti	ภาษาละติน “Titans”
Tungsten	ทังสเตน	W	ภาษาสวีเดน “tung sten” หมายถึง หินหนัก (heavy stone)
Uranium	ยูเรเนียม	U	ดาวเคราะห์ Uranus
Vanadium	วาเนเดียม	V	ชื่อเทพเจ้า
Xenon	ซีนอน	Xe	ภาษากรีก “xenon” หมายถึง (stranger)
Ytterbium	อิตเทอร์เบียม	Yb	ชื่อหมู่บ้าน Ytterby ในสวีเดน
Yttrium	อิตเทรียม	Y	ภาษาละติน “yttia”
Zinc	สังกะสี	Zn	ภาษาเยอรมัน “Zink”
Zirconium	เซอร์โคเนียม	Zr	ภาษาอารเบีย “zargum” หมายถึง สีทอง (gold color)

ที่มา : (Venugopalan, 1975, pp. 36-37)

1.3.5 สารประกอบ (compound) เป็นสารเนื้อเดียวประเภทสารบริสุทธิ์ ซึ่งเกิดจากการรวมตัวกันด้วยปฏิกิริยาทางเคมีของธาตุมากกว่า 1 อะตอม ด้วยอัตราส่วนที่คงที่ เช่น น้ำ (H_2O) ประกอบด้วย ธาตุไฮโดรเจน และ ออกซิเจนมารวมกันโดยมีอัตราส่วนของไฮโดรเจนต่อ ออกซิเจน เป็น 2 : 1 โดยปริมาตร หรือ 1 : 8 โดยน้ำหนัก โดยสามารถทำการแยกน้ำออกเป็นแก๊สไฮโดรเจน และแก๊สออกซิเจน โดยใช้กระบวนการทางไฟฟ้า แสดงในภาพที่ 1.3



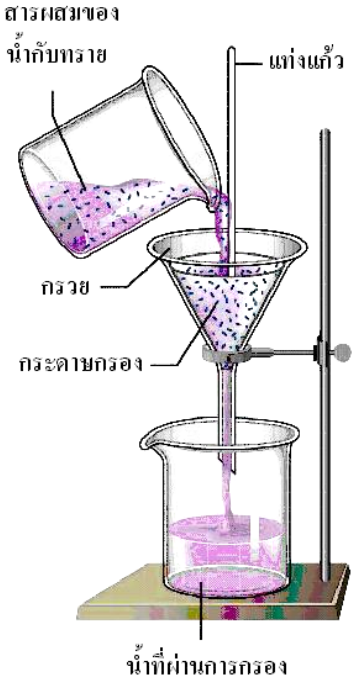
ภาพที่ 1.3 การแยกน้ำด้วยไฟฟ้า

ที่มา (Zumdahl, 2004)

1.4 วิธีการแยกสารให้บริสุทธิ์

สารต่างๆ ที่อยู่รอบตัวเรามักจะมีสารอื่นเจือปนอยู่เสมอ กลายเป็นสารเนื้อผสม หรือสารละลาย เป็นต้น ซึ่งมักจะไม่ใช่สารบริสุทธิ์ วิธีการที่เหมาะสมสำหรับแยกสารต่าง ๆ เหล่านี้ที่ผสมรวมกันอยู่ ให้แยกออกจากกัน หรือทำให้ได้สารที่บริสุทธิ์ขึ้น มีอยู่หลายวิธี ทั้งขบวนการทางกายภาพ และกระบวนการทางเคมี ดังนี้

1.4.1 การกรอง (filtration) เป็นกระบวนการแยกทางกายภาพ เหมาะสำหรับแยกของผสมระหว่างของแข็งกับของเหลว หรือของแข็งกับของแข็งที่มีขนาดอนุภาคต่างกัน โดยใช้วัสดุกรองที่มีขนาดของรูพรุนที่เหมาะสม ซึ่งจะทำให้อนุภาคของแข็งที่มีขนาดใหญ่กว่ารูพรุนของวัสดุกรองไม่สามารถรอดผ่านไปได้ ส่วนของเหลวหรืออนุภาคของแข็งที่มีขนาดเล็กจะสามารถผ่านไปได้ ดังภาพที่ 1.4 เช่น แยกน้ำกะทิออกจากกากมะพร้าว แยกกรวดออกจากทราย แต่ไม่สามารถแยกเกลือที่ละลายอยู่ในน้ำได้



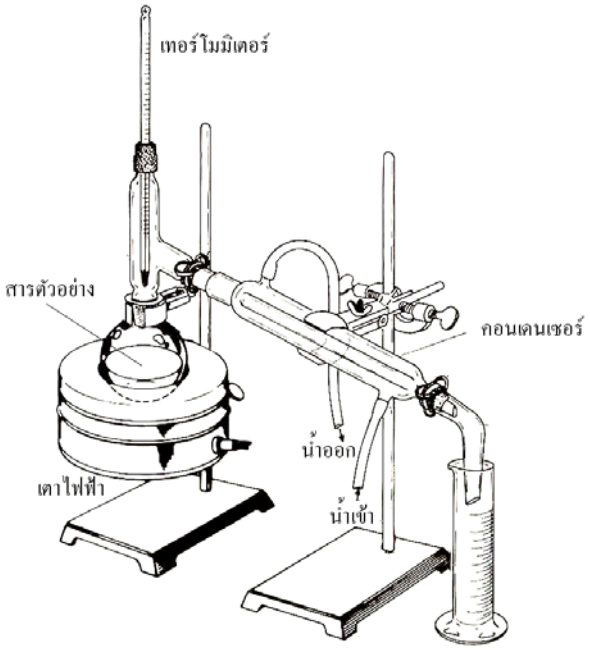
ภาพที่ 1.4 การกรอง
ที่มา (Zumdahl, 2004)

1.4.2 การตกผลึก (crystallization) เป็นขบวนการแยกสารที่เป็นตัวถูกละลายออกจาก สารเนื้อผสมหรือสารละลายที่อิ่มตัวแบบยิ่งยวด สารที่เป็นตัวถูกละลายที่แยกออกมาได้จะกลับมาอยู่ในสถานะที่เป็นของแข็งโดยอาศัยสมบัติของการละลายที่แตกต่างกัน ณ สภาวะต่างๆ เช่น เมื่อให้ความร้อนแก่น้ำเกลือ จนน้ำระเหยออกไป จนกลายเป็นสารละลายเกลือที่เข้มข้น เมื่อปล่อยให้เย็น เกลือโซเดียมคลอไรด์ จะตกผลึกเป็นของแข็งอยู่ที่ก้นภาชนะ หรือแยกของแข็ง 2 ชนิดที่มีสมบัติของการละลายที่แตกต่างกัน ณ อุณหภูมิต่าง ๆ กันได้ โดยจะต้องควบคุม

อุณหภูมิของสารละลายและความเข้มข้นให้เหมาะสมแล้ว จะทำให้สารที่มีสมบัติในการละลายต่ำจะตกผลึกก่อน

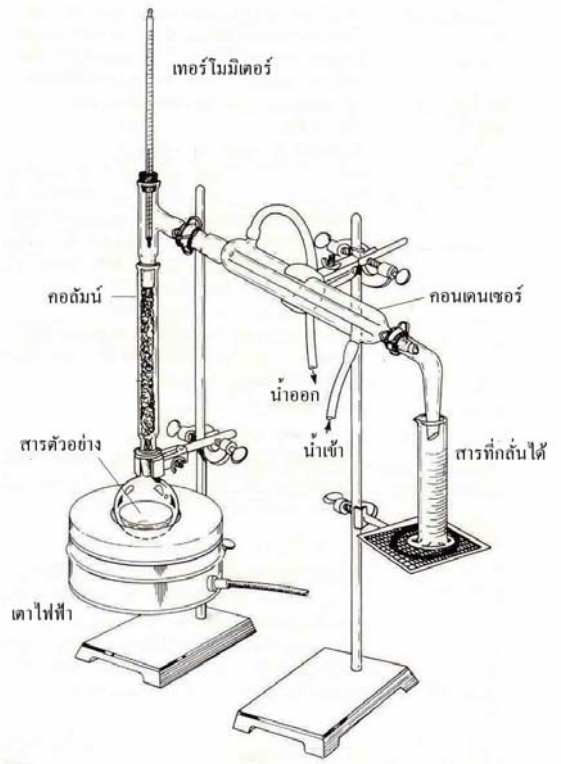
1.4.3 การกลั่น (distillation) เป็นขบวนการที่ทำให้สารที่ต้องการ เกิดการระเหยกลายเป็นไอ ออกจากสารผสม แล้วไอของสารจะควบแน่น กลายเป็นของเหลวในภาชนะอีกใบหนึ่ง โดยอาศัยหลักการระเหยเป็นไอ (vaporization) และการควบแน่น (condensation) ดังนั้นสารที่มีจุดเดือดต่ำจะกลายเป็นไอออกมาก่อน การกลั่นมีหลายแบบ ดังนี้

1) การกลั่นแบบธรรมดา (simple distillation) ใช้แยกสารหรือตัวทำละลายที่ระเหยง่าย ออกจากตัวถูกละลายที่ระเหยยาก เช่น การกลั่นเพื่อแยกน้ำจากน้ำทะเล ดังภาพที่ 1.5



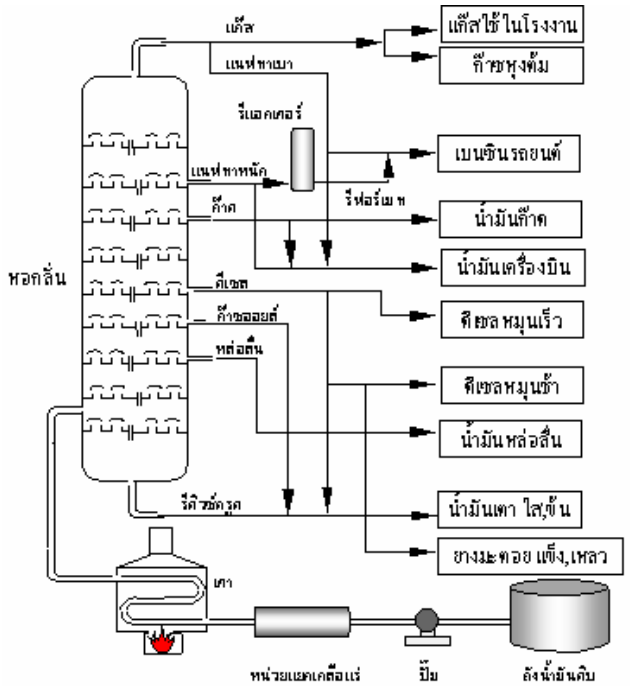
ภาพที่ 1.5 การจัดวางอุปกรณ์แสดงการกลั่นแบบธรรมดา
ที่มา (Fieser, 1999, p. 5)

2) การกลั่นลำดับส่วน (fractional distillation) ใช้แยกสารหรือตัวทำละลายที่ระเหยง่าย ทีละ 1 ชนิด ออกจากสารละลาย โดยมีการควบคุมอุณหภูมิ เพื่อให้สารที่มีจุดเดือดต่ำเกิดการระเหยออกมาก่อน แล้วเพิ่มอุณหภูมิขึ้นเรียงตามลำดับของจุดเดือดของแต่ละสาร ดังภาพที่ 1.6 เช่น การกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม ดังภาพที่ 1.7



ภาพที่ 1.6 การจัดวางอุปกรณ์แสดงการกลั่นลำดับส่วน

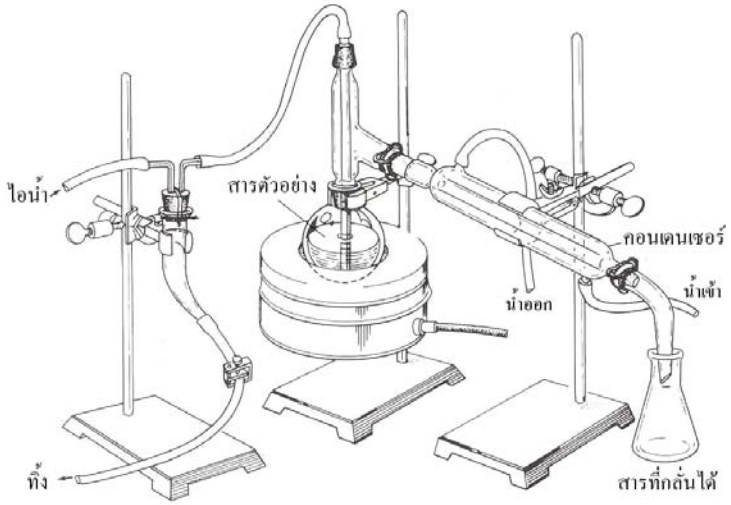
ที่มา (Fieser, 1999 , p. 67)



ภาพที่ 1.7 กระบวนการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม

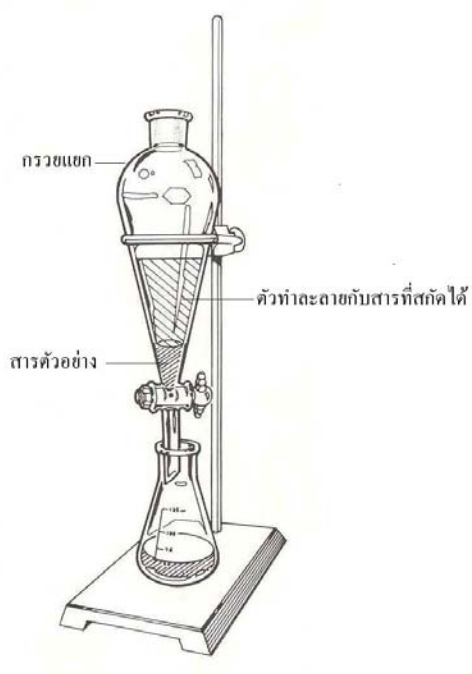
ที่มา (Venugopalan, 1975, p.210)

3) การกลั่นด้วยไอน้ำ (steam distillation) เป็นวิธีการกลั่นที่ไม่ให้ความร้อนแก่สารที่ต้องการกลั่นโดยตรง แต่ใช้ไอน้ำร้อนเข้าไปผสมกับสารที่ต้องการแยก ทำให้สารที่ต้องการจะกลั่นเกิดการระเหยกลายเป็นไอได้ง่ายขึ้น แล้วควบแน่นออกมาพร้อมกัน แต่แยกชั้นกับน้ำ เช่น การแยกน้ำมันหอมระเหยออกจากพืช เป็นต้น ดังภาพที่ 1.8



ภาพที่ 1.8 การจัดวางอุปกรณ์แสดงการกลั่นด้วยไอน้ำ
ที่มา (Fieser, 1999 , p. 76)

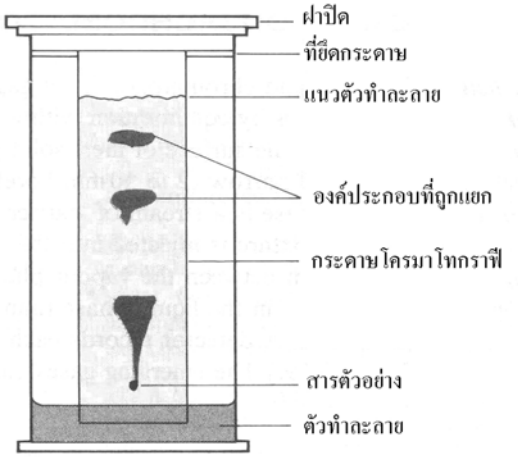
1.4.4 การสกัดด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction) เป็นวิธีการที่ใช้สำหรับแยกสาร 2 ชนิด ที่มีความสามารถในการละลายต่างกัน โดยใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสม โดยปกติของเหลวชนิดหนึ่ง คือน้ำ ส่วนของเหลวอีกชนิดหนึ่งคือตัวทำละลายอินทรีย์ น้ำเป็นตัวทำละลายที่สามารถละลายไอออนต่างๆ หรือสารประกอบอินทรีย์ในสภาพที่มีขั้ว ส่วนตัวทำละลายอินทรีย์สามารถละลายสารประกอบที่เป็นกลางหรือสารประกอบอินทรีย์ชนิดไม่มีขั้ว โดยอาศัยหลักการ สารที่มีสมบัติคล้ายกันจะละลายเข้าด้วยกัน (like dissolves like) เช่น การแยกน้ำมันออกจากเมล็ดพืช โดยใช้เฮกเซน ซึ่งเป็นตัวทำละลายอินทรีย์ เป็นตัวทำละลาย โดยน้ำมันจากเมล็ดพืชจะละลายได้ดีในเฮกเซน หลังจากเขย่ากรวยแยกแล้วตั้งทิ้งไว้ จะได้ชั้นของเฮกเซนที่มีน้ำมันละลายอยู่ เมื่อทำการระเหยเฮกเซนออก จะได้น้ำมันตามต้องการ ดังภาพที่ 1.9



ภาพที่ 1.9 การสกัดด้วยตัวทำละลาย
ที่มา (Fieser, 1999, p. 5)

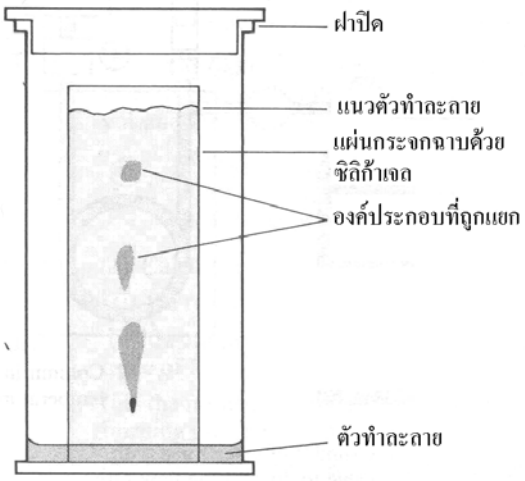
1.4.5 โครมาโทกราฟี (chromatography) เป็นวิธีการแยกสารที่มีสีและไม่มีสี ออกจากกัน โดยอาศัยคุณสมบัติการดูดซับ (adsorption) ที่แตกต่างกันของสาร โดยใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสม ทำหน้าที่เป็นตัวเคลื่อนที่ (mobile phase) ไปผสมหรือให้เคลื่อนที่ผ่านสารที่ต้องการจะแยก แล้วให้ไหลผ่านตัวดูดซับหรือตัวคงที่ (stationary phase) เช่น อลูมินา ซิลิกา ผงถ่าน เป็นต้น สารที่แตกต่างกันจะเคลื่อนที่ผ่าน ออกมาได้เร็วช้า ต่างกัน เนื่องจากถูกดูดซับไว้ไม่เท่ากัน

1) โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ (paper chromatography) เป็นโครมาโทกราฟีอย่างง่าย ที่ประกอบด้วยส่วนที่คงที่เป็นกระดาษที่มีเซลลูโลสบริสุทธิ์ และน้ำปนอยู่เล็กน้อย ส่วนตัวที่เคลื่อนที่จะเป็นสารละลายเป็นเนื้อเดียวกับน้ำหรือไม่ก็ได้ วิธีโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ เริ่มจากการจุดสารตัวอย่าง บนแผ่นกระดาษโครมาโทกราฟี ให้อยู่เหนือปลายขอบล่างประมาณ 1.0-1.5 เซนติเมตร และต้องทำให้เป็นวงกลมที่มีขนาดเล็กที่สุดเท่าที่จะทำได้ นำกระดาษที่จุดสารตัวอย่างเรียบร้อยแล้วใส่ในถัง (chamber) ที่มีตัวทำละลายบรรจุอยู่ โดยจะต้องปิดฝาให้สนิทเพื่อให้อากาศภายในอิ่มตัวไปด้วยไอของตัวทำละลาย เมื่อตั้งทิ้งไว้ตัวทำละลายจะเคลื่อนที่ไปบนกระดาษ การแยกของสารตัวอย่างก็จะเกิดขึ้นเนื่องจากมีสมบัติในการดูดซับที่แตกต่างกัน ดังภาพที่ 1.10



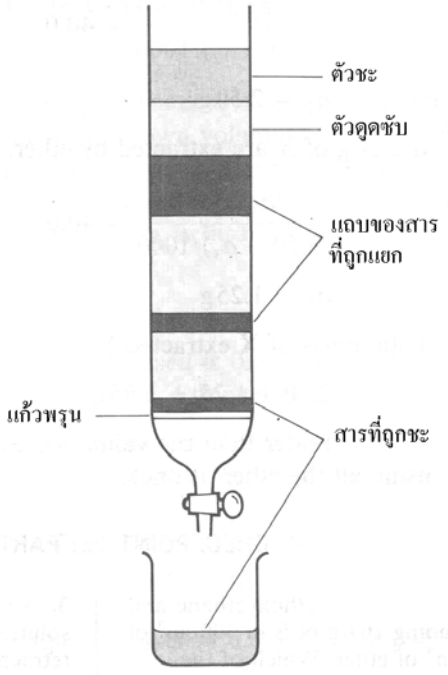
ภาพที่ 1.10 โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ
ที่มา (Ramsden, 1994, p.193)

2) โครมาโทกราฟีแบบชั้นเคลือบบาง (thin layer chromatography) มีหลักการและวิธีการเหมือนกับโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ แต่มีประสิทธิภาพในการแยกดีกว่า เนื่องจากตัวคงที่เป็นผงซิลิกาเจล (silica gel) ที่เคลือบเป็นชั้นบาง ๆ บนแผ่นกระจก แผ่นพลาสติก หรือแผ่นอลูมิเนียม ดังภาพที่ 1.11



ภาพที่ 1.11 โครมาโทกราฟีแบบชั้นเคลือบบาง
ที่มา (Ramsden, 1994, p.193)

3) คอลัมน์โครมาโทกราฟี (column chromatography) ประกอบด้วยตัวคงตัวเป็นผงของแข็งละเอียดที่มีสมบัติในการดูดซับ เช่น ผงอลูมินา แมกนีเซียม ถ่าน หรือซิลิกาเจล เป็นต้น ที่บรรจุภายในหลอดแก้วที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 ถึง 5 เซนติเมตร และยาว 10 ถึง 50 เซนติเมตร ตามความเหมาะสม ดังภาพที่ 1.12 โดยสารตัวอย่างและตัวทำละลายที่เหมาะสมที่หน้าที่เป็นตัวเคลื่อนที่ ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวชะ (elute) จะไหลจากบนลงล่าง การแยกเกิดขึ้นเนื่องจากความแตกต่างของการถูกดูดซับไม่เท่ากัน ซึ่งสารต่างชนิดกันจะไหลออกจากคอลัมน์ไม่พร้อมกัน ซึ่งจะต้องทำการเก็บใส่ภาชนะแยกตามช่วงเวลาต่างๆ ในปัจจุบันนี้เทคนิคคอลัมน์โครมาโทกราฟีได้รับการพัฒนา เป็นเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี (gas chromatography, GC) และ โครมาโทกราฟีแบบของเหลวสมรรถนะสูง (high performance liquid chromatography, HPLC) เป็นต้น



ภาพที่ 1.12 คอลัมน์โครมาโทกราฟี
ที่มา (Ramsden, 1994, p.192)

1.5 ระบบ

ระบบ (system) หมายถึง ส่วนหนึ่งของสิ่งต่าง ๆ ที่เราเลือกขึ้นมาเพื่อต้องการจะศึกษา ซึ่งจะประกอบด้วยปริมาณต่าง ๆ ที่แน่นอน เช่น อุณหภูมิ ความดัน มวล เป็นต้น ส่วนอื่นที่อยู่นอกเหนือจากระบบแต่เกี่ยวเนื่องอยู่กับระบบเรา เรียกว่า **สิ่งแวดล้อม** (surroundings) ระบบ มี 3 แบบ

1.5.1. ระบบเปิด (open system) เป็นระบบที่มีการถ่ายเทมวลสาร และพลังงาน กับสิ่งแวดล้อม เช่น น้ำที่บรรจุอยู่ในภาชนะเปิด ที่ไม่มีฉนวนป้องกันความร้อน เป็นต้น

1.5.2. ระบบปิด (closed system) เป็นระบบที่ไม่มีการถ่ายเทมวลสาร แต่สามารถถ่ายเทพลังงานกับสิ่งแวดล้อมได้ เช่น น้ำที่บรรจุอยู่ในภาชนะปิดสนิท ที่ไม่มีฉนวนป้องกันความร้อน

1.5.3. ระบบเอกเทศ (isolated system) เป็นระบบที่ไม่เกิดการถ่ายเทมวลสาร และพลังงาน กับ สิ่งแวดล้อมได้ เช่นน้ำที่บรรจุอยู่ในภาชนะปิด ที่มีฉนวนป้องกันความร้อน

1.6 กฎการอนุรักษ์

กฎการอนุรักษ์ (law of conservation) กล่าวถึงการอนุรักษ์มวลสาร และ พลังงาน ซึ่งประกอบด้วยกฎการอนุรักษ์มวล กฎการอนุรักษ์พลังงาน สัมพัทธภาพระหว่างมวลสารและพลังงาน และกฎส่วนประกอบจำกัด ดังต่อไปนี้

1.6.1 กฎการอนุรักษ์มวล (law of conservation of mass) ลาวัวซิเออร์ (Lavoisier) เป็นคนแรกที่กล่าวไว้ในปี 1789 ว่า **“**ในการเปลี่ยนแปลงทางเคมีมวลสารไม่ถูกสร้างขึ้นมาใหม่และไม่ถูกทำลายให้สูญหายไป” หรืออีกนัยหนึ่งคือ “มวลของสารทั้งหมดก่อนปฏิกิริยา เท่ากับมวลของสารทั้งหมดหลังปฏิกิริยา” เช่น สาร A ทำปฏิกิริยากับสาร B ได้สาร C กับ สาร D ดังนั้น

มวลของสาร A + มวลของสาร B = มวลของสาร C + มวลของสาร D

เช่น ถ้าน้ำ 18 กรัม สลายตัวโดยอาศัยขบวนการแยกน้ำด้วยไฟฟ้าจะได้แก๊สไฮโดรเจน 2 กรัม และแก๊สออกซิเจน 16 กรัม

1.6.2 กฎการอนุรักษ์พลังงาน (law of conservation of energy) เนื่องจากพลังงาน (energy) มีหลายรูปแบบ เช่น พลังงานจลน์ (kinetic energy) พลังงานศักย์ (potential energy) พลังงานเคมี (chemical energy) พลังงานนิวเคลียร์ (nuclear energy) พลังงานแสง (light energy) พลังงานเสียง (sound energy) พลังงานความร้อน (thermal energy) และ พลังงานไฟฟ้า (electric energy) เป็นต้น ซึ่งพลังงานเหล่านี้สามารถเปลี่ยนจากรูปหนึ่งไปยังอีกรูปหนึ่ง และพลังงานไม่สามารถสร้างใหม่และไม่ถูกทำลาย หรือกล่าวว่าพลังงานรวมในจักรวาลจะคงตัว เรียกกฎนี้ว่า **กฎการอนุรักษ์พลังงาน** ดังนั้นในการเกิดปฏิกิริยาเคมี ผลรวมของพลังงานทั้งหมดของสารตั้งต้น (reactant) ทั้งในการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพจะเท่ากับผลรวมของพลังงานทั้งหมดของสารผลิตภัณฑ์ (product) เช่น การเผาถ่านหินเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า จะมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานในรูปแบบต่าง ๆ ตามลำดับดังนี้

พลังงานเคมี → พลังงานความร้อน → พลังงานจลน์ → พลังงานไฟฟ้า

1.6.3 สัมพัทธภาพระหว่างมวลสารและพลังงาน (law of conservation of mass and energy) ปี ค.ศ.1905 อัลเบิร์ต ไอน์สไตน์ (Albert Einstein) ได้เสนอทฤษฎีสัมพัทธภาพใหม่ เรียกว่า **สัมพัทธภาพระหว่างมวลสารและพลังงาน** โดยกล่าวว่า ในการเปลี่ยนแปลงมวลสารและพลังงาน จะไม่มีสัมพัทธภาพอย่างสมบูรณ์ แต่ผลรวมของมวลสารและพลังงาน จะมีสัมพัทธภาพอย่างสมบูรณ์ เช่น มวลสารที่ลดลงจะเท่ากันกับพลังงานที่เพิ่มขึ้น เป็นต้น ซึ่งความคิดของไอน์สไตน์นี้ไม่สอดคล้องกับกฎการอนุรักษ์มวล และ กฎการอนุรักษ์พลังงาน ไอน์สไตน์ได้เสนอสมการซึ่งสามารถนำมาใช้คำนวณการเปลี่ยนแปลงของมวลสารกับพลังงานในปฏิกิริยาเคมีได้คือ

$$E = mc^2$$

เมื่อ E คือ พลังงาน m คือ มวลของสาร และ c คือ ความเร็วของแสงในสุญญากาศ เช่น ในการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง ออกซิเจน 16 กรัม และ แก๊สไฮโดรเจน 2 กรัม เป็นน้ำ 18 กรัม พบว่ามีพลังงาน 68,000 แคลอรี เกิดขึ้น ซึ่งจากสมการของไอน์สไตน์สามารถใช้ในการคำนวณได้ว่าจะมีมวลสารหายไป 3.2×10^{-19} กรัม ซึ่งน้อยเกินกว่าที่จะสามารถวัดได้อย่างถูกต้อง หรือในปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบฟิชชัน (fission) ของยูเรเนียมในเตาปฏิกรณ์ปรมาณู พบว่า ยูเรเนียม

18 กรัม จะให้พลังงาน 3.5 x10^{11} แคลอรี ซึ่งเป็นพลังงานงานจำนวนมหาศาลในขณะที่มวลจะลดลงเพียง 0.017 กรัม เท่านั้น

1.6.4 กฎส่วนประกอบจำกัด (law of definite proportion) ในปี ค.ศ. 1799 เพราส์ท (Joseph Louis Proust) ได้เสนอกฎส่วนประกอบจำกัดมีใจความว่า “สารประกอบชนิดหนึ่งๆ ย่อมประกอบด้วยธาตุต่าง ๆ อย่างเดียวกันเสมอ และอัตราส่วนโดยน้ำหนักของธาตุที่เป็นองค์ประกอบมีค่าคงตัว ไม่ว่าสารนั้นจะถูกเตรียมขึ้นมาโดยวิธีใดก็ตาม” ดังนั้น กฎส่วนประกอบจำกัดจึงสามารถใช้ในการคำนวณหาน้ำหนักที่แน่นอนของสารที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นได้ เช่น น้ำ เป็นสารประกอบ ประกอบด้วยไฮโดรเจน และออกซิเจน ในอัตราส่วน 2 : 1 โดยปริมาตร หรือ 1 : 8 โดยน้ำหนัก เช่น ในน้ำ 100 กรัม จะมีออกซิเจน 88.89 กรัม และมีไฮโดรเจน 11.11 กรัม

1.7 บทสรุป

ในการศึกษาวิชาเคมีแขนงต่างๆ จำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพ เช่น ความหนาแน่น สี สถานะ การนำไฟฟ้า จุดหลอมเหลว จุดเดือด สำหรับ สมบัติทางเคมี และการเปลี่ยนแปลงของสสารนั้น สสารสามารถที่จะจำแนกเป็น สสารเนื้อเดียว สสารเนื้อผสม สารบริสุทธิ์ สารละลาย สารประกอบ และธาตุ นอกจากนี้ยังมีวิธีการแยกสารให้บริสุทธิ์ได้หลายวิธี ซึ่งจะต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมโดยใช้กระบวนการแยกสารทางกายภาพ และกระบวนการทางเคมี เช่น การกรอง การตกผลึก การกลั่นแบบธรรมดา การกลั่นลำดับส่วน และการกลั่นด้วยไอน้ำ การสกัดด้วยตัวทำละลาย และโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ แบบชั้นเคลือบบาง และแบบคอลัมน์ เป็นต้น อีกทั้งยังจะต้องมีความรูเกี่ยวกับระบบและสิ่งแวดล้อม ทั้งระบบเปิด ระบบปิดและระบบเอกเทศ ซึ่งจะช่วยทำให้เกิดความเข้าใจในกฎต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิชาเคมี ได้แก่ กฎการอนุรักษ์มวล กฎการอนุรักษ์พลังงาน สัมพันธภาพระหว่างมวลของสาร และพลังงานกฎส่วนประกอบจำกัด

1.8 คำถามท้ายบท

1.8.1 สมบัติของน้ำจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรบ้าง เมื่อละลายกับเกลือแกง

1.8.2 จงยกตัวอย่างสารต่างๆ ที่อยู่รอบตัวเราในชีวิตประจำวัน มาอย่างละ 5 ชนิด ที่มีลักษณะเนื้อสารดังต่อไปนี้

ก) สารเนื้อผสม
ข) สารบริสุทธิ์
ค) สารละลาย
ง) ธาตุ
จ) สารประกอบ

1.8.3 จากสารตัวอย่างที่กำหนดให้ จงบอกลักษณะเนื้อสาร

ก) ฟิวส์
ข) น้ำสลัด
ค) น้ำอัดลม
ง) คาร์บอนมอนอกไซด์
จ) ทองคำบริสุทธิ์

1.8.4 จงบอกสัญลักษณ์ย่อของธาตุดังต่อไปนี้

ก) ออกซิเจน
ข) คาร์บอน
ค) โซเดียม
ง) กำมะถัน
จ) สังกะสี
ฉ) ฟลูออรีน
ช) เหล็ก
ซ) ไนโตรเจน
ฌ) ตะกั่ว
ญ) ทองคำ

1.8.5 จากสัญลักษณ์ธาตุที่กำหนดให้ จงบอกชื่อธาตุดังต่อไปนี้

ก) Na
ข) Mg
ค) B
ง) N
จ) Zn
ฉ) Ca
ช) Ar
ซ) Cl
ฌ) Cu
ญ) H

1.8.6 วิธีการแยกสารโดยวิธี การกรอง การกลั่น การสกัดด้วยตัวทำละลาย การตกผลึก อาศัยความแตกต่างสมบัติทางกายภาพของสารในด้านใด

1.8.7 การกลั่นแบบธรรมดา และการกลั่นลำดับส่วน มีความแตกต่างกันอย่างไร

1.8.8 การกลั่นด้วยไอน้ำ เหมาะสำหรับการแยกสารตัวอย่างที่มีลักษณะอย่างไร

1.8.9 จงบอกวิธีการแยกสารตัวอย่าง ที่ประกอบด้วยสารสองชนิดที่กำหนด ให้ออกจากกัน

ก) เกลือ กับ ทราย ข) น้ำ กับ แป้ง

ค) แอลกอฮอล์ กับ น้ำ ง) เกลือ กับ น้ำตาล

จ) น้ำมันในผิวมะกรูด

1.8.10 โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ กับ โครมาโทกราฟีแบบชั้นเคลือบบาง มีความแตกต่างกันอย่างไร

1.8.11 ระบบ คืออะไร และจำแนกได้อย่างไรบ้าง

1.8.12 จงอธิบายหลักการของกฎการอนุรักษ์มวล กฎการอนุรักษ์พลังงาน สัมพันธภาพระหว่างมวลของสาร และพลังงานกฎส่วนประกอบจำกัด

เอกสารอ้างอิง

Fieser, L. F. & Williamson K. L. (1992). **Organic Experiments** (7th ed). Lexington: D.C. Heath.

Moore, J.W. , Stanitski, C.L & Jurs, P.C. (2002). **CHEMISTRY-The Molecular Science**. Fort Worth: Harcourt college..

Petrucci, R. H., Harwood, W. S. & Herring, F. G. (2002). **General chemistry-principles and modern applications** (8th ed.). N.J.: Prentice Hall.

Ramsden, E.N. (1994). **A-level chemistry** (3rd ed.). Cheltemham: Stanley Thornes.

Sackheim, G. I. & Lehman, D. D. (1994). **Chemistry for the Health Science** (7th ed). New York: Macmillan Publishing.

Venugopalan, M. (1975). **Date-Chemistry and our world**. New York : Harper& Row.

Zumdahl, S. S. (2004). **General Chemistry** [Online], Available HTTP:http://college. hmco.com/chemistry/general/zumdahl/world_of_chem/1e/instructors/ppt/ figures/chap01.ppt