

ตอนที่ 2

ความรู้ทั่วไปทางเคมี

เคมี เป็นหนึ่งในสามสาขาวิชาของวิทยาศาสตร์ธรรมชาติเช่นเดียวกับชีววิทยาและฟิสิกส์และยังมีสาขาวิชาย่อยออกไปอีกมาก มนุษย์ใช้ประโยชน์จากสารเคมีทั้งชนิดที่เป็นสารอินทรีย์ที่ได้จากธรรมชาติและสารอนินทรีย์ที่ได้จากการสังเคราะห์ เพื่อใช้ประโยชน์ในการอำนวยความสะดวกต่อการดำเนินชีวิตประจำวัน สารเคมีที่นำมาใช้กันแพร่หลายต้องผ่านขั้นตอนการตรวจสอบอย่างเข้มงวดจนได้มาตรฐานความปลอดภัย จึงจะได้รับอนุญาตให้มีการผลิต สารเคมีที่ใช้ในชีวิตประจำวันนับตั้งแต่ สบู่ ยาสีฟัน เครื่องสำอาง ขึ้นมาจนถึงยารักษาโรค มีความปลอดภัยในระดับหนึ่ง สำหรับยารักษาโรคแม้จะมีความปลอดภัยแต่ต้องใช้อย่างระมัดระวังภายใต้ความควบคุมของแพทย์อย่างใกล้ชิด อย่างไรก็ตาม เมื่อมีสิ่งใดให้ประโยชน์ สิ่งนั้นย่อมอาจมีโทษแฝงอยู่บ้างไม่มากก็น้อย การเรียนรู้เรื่องสารเคมีที่นำมาใช้ในชีวิตประจำวันจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อหลีกเลี่ยงสิ่งที่จะทำให้เกิดโทษ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารเคมีในกลุ่มยาปฏิชีวนะ

บทที่ 4

ความรู้พื้นฐานทางเคมี

เค้าโครงเรื่อง

4.1 สาร

- 4.1.1 การจำแนกสาร
- 4.1.2 โครงสร้างของสาร
- 4.1.3 สารประกอบ (Compounds)

4.2 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

- 4.2.1 Combination reaction
- 4.2.2 Decomposition reaction
- 4.2.3 Replacement reaction
- 4.2.4 Double replacement reaction

4.3 สารละลาย (Solutions)

- 4.3.1 ความเข้มข้นของสารละลาย
- 4.3.2 ประเภทของสารประกอบอนินทรีย์

4.4 สารละลายของสารอิเล็กโทรไลต์ (Solutions of Electrolytes)

- 4.4.1 สารอิเล็กโทรไลต์แก่ และสารอิเล็กโทรไลต์อ่อน (Strong and Weak Electrolytes)
- 4.4.2 มาตรฐาน pH (pH scale)

4.5 สารอินทรีย์ (Organic substances)

- 4.5.1 สารประกอบไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon compounds)
- 4.5.2 Halogen-substituted hydrocarbons
- 4.5.3 แอลกอฮอล์ (Alcohol)
- 4.5.4 อีเทอร์ (Ethers)
- 4.5.5 อัลดีไฮด์ (Aldehyde)
- 4.5.6 คีโตน (Ketone)
- 4.5.7 เอสเทอร์ (Ester)
- 4.5.8 เอมีน (Amine)
- 4.5.9 เอไมด์ (Amide)

สาระสำคัญ

เมื่อศึกษาจบบทเรียนนี้แล้ว ผู้เรียนควรจะสามารถ

- 1) ได้แนวความคิดว่าวิชาเคมีศึกษาเกี่ยวกับอะไร
- 2) จำแนกชนิดของสาร และให้คำนิยาม ธาตุ สารประกอบ และของผสม
- 3) อธิบายโครงสร้างอะตอม และการจัดเรียงของอิเล็กตรอนในอะตอม
- 4) ให้คำนิยาม อะตอม โมเลกุล โมล น้ำหนักอะตอมและน้ำหนักโมเลกุล
- 5) บอกประเภทของสารประกอบ (สารประกอบไอออนิก และสารประกอบโคเวเลนต์)
- 6) จำแนกปฏิกิริยาเคมีชนิดต่าง ๆ ของสาร (Combination reaction, Decomposition reaction, Replacement reaction และ Double replacement reaction)
- 7) ให้ความหมายของคำ solution, solute และ solvent
- 8) คำนวณความเข้มข้นในหน่วยร้อยละ (percent) และในหน่วย Molarity ของสารละลาย
- 9) คำนวณความเป็นกรด (pH) ของสารละลายกรดและเบส
- 10) อธิบายความแตกต่างระหว่างสารประกอบอินทรีย์และสารประกอบอนินทรีย์
- 11) บอกแหล่งกำเนิดของสารประกอบอินทรีย์
- 12) จำแนกสารประกอบอินทรีย์ประเภทไฮโดรคาร์บอน
- 13) จำแนกสารประกอบอินทรีย์เป็นประเภทต่าง ๆ ตามหมู่ฟังก์ชันนัล (functional group)
- 14) จำแนกสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ที่สำคัญบางชนิดที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน

วัตถุประสงค์

เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้และความเข้าใจในพื้นฐานทางเคมี เกี่ยวกับ :-

- 1) โครงสร้างของสาร การเปลี่ยนแปลงทางเคมีหรือปฏิกิริยาเคมีของสาร
- 2) สารประกอบอนินทรีย์ (กรด, เบส และเกลือ) และการคำนวณความเข้มข้นและความเป็นกรด (pH) ของสารละลาย
- 3) สารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ และประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

มนุษย์เราดำรงชีวิตในท่ามกลางสิ่งที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของสสารและพลังงาน วิชาเคมีเป็นวิชาทางวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับสมบัติ ส่วนประกอบ โครงสร้างของสสาร และการเปลี่ยนแปลงในสสารและพลังงานที่เกี่ยวข้องในขณะเกิดการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นภาระของนักวิทยาศาสตร์ก็คือ การค้นหาคำตอบและพิสูจน์สิ่งที่เกิดขึ้นและสิ่งที่มีอยู่ในวิธีแบบใหม่ ๆ ตามประวัตินั้น วิชาเคมีมีมาตั้งแต่โบราณกาล ก่อนที่มนุษย์จะรู้จักการขีดเขียนและการบันทึก มนุษย์รู้จักการถลุงโลหะ การหมักเหล้า, การรมควัน สิ่งเหล่านี้ได้ถูกถ่ายทอดไปสู่คนรุ่นหลังจนกลายเป็นประเพณี ปัจจุบัน วิชาเคมี มีรากฐานมาจากแนวความคิดของนักปราชญ์ชาวกรีกโบราณ ที่ได้เสนอแนวความคิดต่อปัญหาพื้นฐานของธรรมชาติของสสาร และได้วิวัฒนาการมาเป็นวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีระบบ มีการทดลอง พิสูจน์และตั้งเป็นกฎ เป็นทฤษฎีต่าง ๆ ขึ้น วิทยาศาสตร์สาขาเคมีได้ขยายตัวขึ้นอย่างกว้างขวาง ซึ่งเป็นผลมาจากการค้นคว้าศึกษาวิจัยของนักเคมีที่มีความสนใจในสาขาต่าง ๆ กัน ซึ่ง อาจจำแนกออกเป็นสาขาใหญ่ ๆ ได้ 5 สาขา คือ

เคมีวิเคราะห์ (Analytical Chemistry), เคมีฟิสิกัล (Physical Chemistry), เคมีอินทรีย์ (Organic Chemistry), เคมีอนินทรีย์ (Inorganic Chemistry) และชีวเคมี (Biochemistry)

4.1 สสาร

สสารได้แก่สรรพสิ่งต่าง ๆ ที่มีในโลกและจักรวาลที่ต้องการที่อยู่และมีมวล เช่น ต้นไม้ เครื่องจักร ดิน แม้กระทั่งอากาศรอบ ๆ ตัวเรา สสารอยู่ได้ในสามสถานะ คือ อาจเป็นของแข็ง ของเหลว และแก๊ส สิ่งหนึ่งที่บ่งบอกว่าสารหนึ่งแตกต่างกับอีกสารหนึ่งนั้น เรียกว่า สมบัติ (Properties) ซึ่งแบ่งออกเป็น สมบัติทางกายภาพ (Physical properties) และ สมบัติทางเคมี (Chemical properties) สมบัติทางกายภาพของสาร คือ สมบัติทั่ว ๆ ไปของสาร เช่น สี, กลิ่น, ความหนาแน่น, จุดเดือด, จุดหลอมเหลว เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงทางสมบัติกายภาพ ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของสาร เรียกว่า การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ (physical change) เช่น การละลายของน้ำแข็ง การเดือดของน้ำ น้ำกลายเป็นไอ ส่วนสมบัติทางเคมีเป็นสมบัติที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางเคมี (chemical change) จากสารชนิดหนึ่งเป็นสารอีกชนิดหนึ่ง เช่น การเกิดสนิมเหล็ก การลวกติดไฟและการไหม้ของไม้ขีด เป็นต้น

4.1.1 การจำแนกสสาร

เมื่อเรามองสิ่งต่าง ๆ รอบตัวเรา จะพบสารนานาชนิดในรูปแบบต่าง ๆ มากมาย อย่างไรก็ตาม นักวิทยาศาสตร์ก็พยายามที่จะจำแนกเป็นหมวดหมู่ จากการศึกษาทำให้จำแนกสสารทั้งหลายออกได้เป็น สารบริสุทธิ์ (pure substances) และ ของผสม (mixture)

สารบริสุทธิ์ คือ สารรูปใดรูปหนึ่งที่มีสมบัติอย่างเดียวกันและมีส่วนประกอบอันเดียวกัน และเป็นเนื้อเดียวกัน เช่น น้ำบริสุทธิ์ เป็นสารที่มีส่วนประกอบระหว่างไฮโดรเจนและออกซิเจนในอัตราส่วน 2:1 (โดยอะตอม) มีจุดเดือด จุดเยือกแข็งคงที่ อะลูมิเนียม, เกลือ, น้ำตาล, สนิม เหล่านี้ล้วนเป็นสารบริสุทธิ์ทั้งสิ้น สารบริสุทธิ์แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ธาตุ และสารประกอบ

ธาตุ (element) คือ สารบริสุทธิ์ที่ไม่สามารถทำให้เกิดเป็นสารตั้งแต่สองสารขึ้นไปได้ที่มีสมบัติแตกต่างกัน เช่น อะลูมิเนียม เหล็ก ทองแดง กำมะถัน ออกซิเจน และไฮโดรเจน

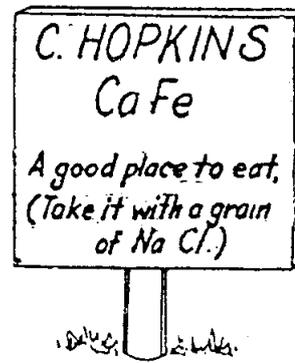
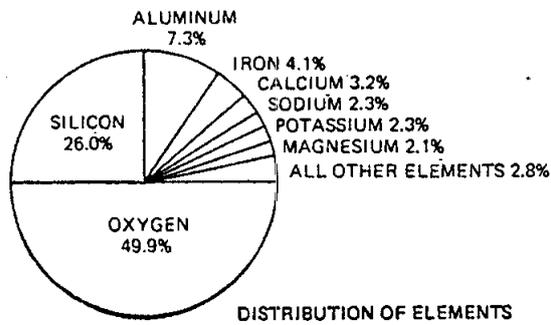
สารประกอบ (compounds) คือ สารบริสุทธิ์ที่เกิดจากการรวมตัวของธาตุตั้งแต่สองธาตุขึ้นไป และมีอัตราส่วนของมวลของธาตุในสารประกอบคงที่ เช่น น้ำเกิดจากการรวมตัวของไฮโดรเจนและออกซิเจนด้วยอัตราส่วน 1:8 (โดยน้ำหนัก) สารประกอบแต่ละชนิดมีสมบัติทางเคมีและทางกายภาพโดยเฉพาะ และแตกต่างไปจากสมบัติดั้งเดิมของแต่ละธาตุที่รวมตัวกันเป็นสารประกอบ ตัวอย่าง เช่น ถ้าเรากินโลหะ เข้าไปและหายใจเอาแก๊สคลอรีนเข้าในร่างกาย เราจะตายทันที เนื่องจากธาตุทั้งสองนี้เป็นพิษโซเดียม แต่ในรูปของสารประกอบโซเดียมคลอไรด์ หรือเกลือแกง เราสามารถรับประทานได้และไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย

ในวิชาเคมี นักวิทยาศาสตร์ได้กำหนดสัญลักษณ์ (symbols) ทางเคมีแก่ธาตุต่าง ๆ จากอักษรในชื่อของธาตุตาม ตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 แสดงสัญลักษณ์ของธาตุบางธาตุ

Element	Symbol	Element	Symbol	Element	Symbol
Aluminium	Al	Hydrogen	H	Platinum	Pt
Argon	A	Iodine	I	Plutonium	Pu
Arsenic	As	Iron	Fe	Potassium	K
Bromine	Br	Lead	Pb	Radium	Ra
Calcium	Ca	Magnesium	Mg	Silicon	Si
Carbon	C	Mercury	Hg	Silver	Ag
Chlorine	Cl	Neon	Ne	Sodium	Na
Copper	Cu	Nickel	Ni	Sulfur	S
Fluorine	F	Nitrogen	N	Tin	Sn
Gold	Au	Oxygen	O	Uranium	U
Helium	He	Phosphorus	P	Zinc	Zn

สัญลักษณ์ของธาตุบางธาตุนำมาจากชื่อ ภาษาละติน เช่น ทองแดง (cuprum)Cu; ทองคำ (Aurum)Au; เหล็ก(Ferrum)Fe; โซเดียม (Natrium)Na; ดีบุก (Stannum)Sn เป็นต้น จำนวนธาตุที่ค้นพบในปัจจุบันมีทั้งหมด 113 ธาตุ และได้มีการตั้งชื่อแล้ว จำนวน 107 ธาตุ ในจำนวนนี้ตั้งแต่ธาตุที่ 84 (คือ Polonium) ขึ้นไป เป็นพวกกัมมันตภาพรังสีทั้งสิ้น ธาตุบางธาตุแทบจะไม่มีอยู่บนโลกเลย เช่น ธาตุที่ 43 (Technetium) และธาตุที่ 61 (Promethium) สำหรับธาตุที่ 93 (Neptunium) จนถึงธาตุตัวสุดท้ายเป็นธาตุที่สังเคราะห์ขึ้น (ไม่มีอยู่ในธรรมชาติ) ธาตุต่างๆ ทั้งที่อยู่ในสภาพอิสระและสารประกอบที่มีอยู่บนโลก เมื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณธาตุแต่ละธาตุจะได้ผลสรุปดัง รูปที่ 4-1

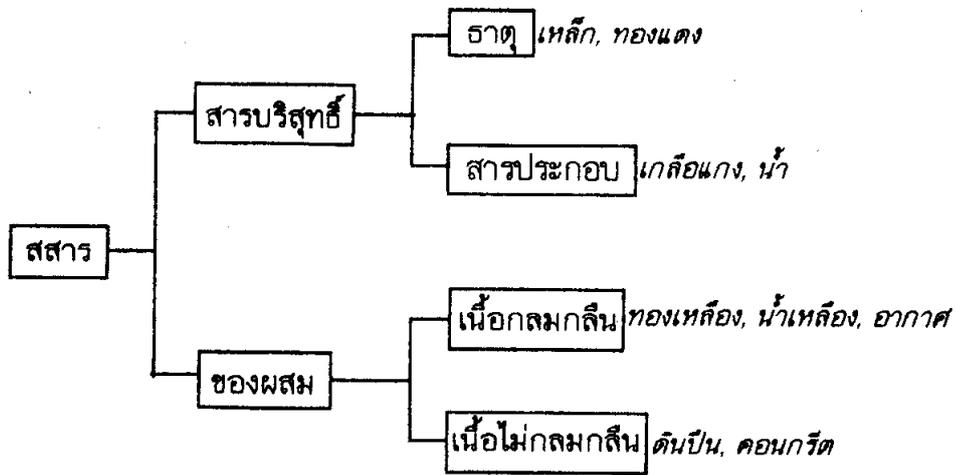


ก

ข

รูปที่ 4-1 แสดงธาตุหลักๆ ที่เกี่ยวข้องกับร่างกายของคนเรา ซึ่งจะมีประมาณ 12 ธาตุ ตามรูป (ก) และรูป (ข) ซึ่งเป็นข้อความประกาศที่มีสัญลักษณ์ของธาตุทั้ง 12 ธาตุ ซึ่งง่ายต่อการจดจำ

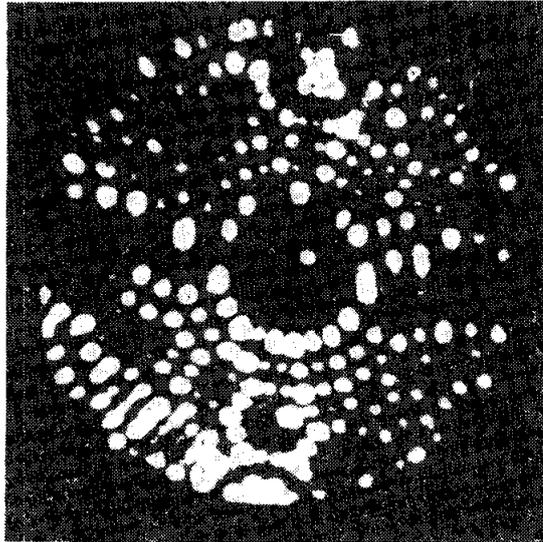
ของผสม (Mixture) สสารส่วนใหญ่ในธรรมชาติมักพบในรูปของผสมของสารที่บริสุทธิ์ ของผสมเป็นกรวมตัวกันทางกายภาพของสารตั้งแต่สองสารขึ้นไป ของผสมบางชนิดสามารถกลมกลืนกันเป็นเนื้อเดียวกันได้ดี เช่น เกลือละลายน้ำ, ทองเหลือง (ทองแดงผสมสังกะสี) และ อากาศ เป็นต้น ของผสมบางอย่างไม่กลมกลืนเป็นเนื้อเดียวกัน เช่น น้ำกับน้ำแข็ง, คอนกรีต ซึ่งผสมกันระหว่างทราย หิน กับซีเมนต์ (ดูแผนภาพประกอบ) เป็นต้น



4.1.2 โครงสร้างของสสาร

จากการสังเกตการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสารจากสารหนึ่งไปเป็นอีกสารหนึ่ง นักเคมีในยุคนั้น ได้พยายามอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวกับโครงสร้างหลัก หรือรูปแบบจำลอง (model) ของ สสาร ดังนั้น ถ้าเราทราบรูปแบบจำลองหลักของสสารได้ จะทำให้เราสามารถอธิบายการเกิดขึ้นของสสารและสมบัติและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสารได้

แนวความคิดที่ว่า สสารประกอบด้วยส่วนประกอบพื้นฐานชนิดหนึ่งได้มีมาตั้งแต่ 400-500 ปีก่อนคริสตศักราช โดยนักปราชญ์ชาวกรีก ชื่อ ดีโมคริตัส (Democritus) ได้เสนอว่า 'สสารประกอบด้วยส่วนประกอบที่เล็กที่สุดที่ไม่สามารถแบ่งแยกได้ ซึ่งเรียกว่า "อะตอม" (มาจากคำ atomos ในภาษากรีก แปลว่าไม่สามารถแบ่งแยกได้ต่อไป) ความเชื่อหรือทฤษฎีโบราณดังกล่าวเป็นเพียงแต่สิ่งนึกคิดไม่มีพื้นฐานการทดลองทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุน จนกระทั่งในต้นศตวรรษที่ 17 ในปี ค.ศ.1803 - 1807 จอห์น ดาลตัน (John Dalton) นักเคมีชาวอังกฤษได้อาศัยผลของการทดลองและกฎเกี่ยวกับเคมีได้ตั้งทฤษฎีอะตอมขึ้น โดยเสนอว่า "สสารทุกชนิดเมื่อแยกสลายย่อยไปเป็นธาตุ และถ้าแยกย่อยต่อไปอีกก็จะได้อนุภาคที่เล็กที่สุดที่เรียกว่า อะตอม อะตอมของธาตุชนิดเดียวกันมีสมบัติเหมือนกันและไม่สามารถเปลี่ยนเป็นอะตอมอื่นได้" นอกจากนี้ดาลตันยังได้กล่าวถึงสารประกอบว่า "เกิดจากอะตอมของธาตุตั้งแต่ 2 ธาตุขึ้นไป รวมตัวกันด้วยสัดส่วนน้อย ๆ ที่แน่นอน การเปลี่ยนแปลงทางเคมี ก็เนื่องมาจากการรวมตัวหรือการแยกตัวของอะตอม" อะตอมมีขนาดเล็กมากมีรัศมีประมาณ 10^{-10} เมตร และมีอยู่จริง ๆ ซึ่งพิสูจน์ได้โดยมองเห็นได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่มีกำลังขยายสูงมาก ๆ ดัง รูปที่ 4-2



รูปที่ 4-2 อะตอมเดี่ยวของธาตุรีเนียม (Re) บนผิวโลหะทังสเตน

มวลของอะตอมมีปริมาณน้อยมาก เช่น มวลอะตอมของไฮโดรเจนหนักประมาณ 1.7×10^{-24} กรัม, ของออกซิเจนหนักประมาณ 2.66×10^{-23} กรัม, ของคาร์บอนหนักประมาณ 2.00×10^{-23} กรัม เป็นต้น เนื่องจากน้ำหนักของแต่ละอะตอมมีค่าน้อยมาก และไม่สามารถจะชั่งแต่ละอันได้ ดังนั้นจึงไม่สะดวกในการชั่ง และใช้น้ำหนักที่แท้จริง (absolute weight) ของอะตอม แต่จะใช้น้ำหนักเปรียบเทียบ (relative weight) แทน ในหน่วย amu (atomic mass unit) โดยใช้ ^{12}C เป็นน้ำหนักมาตรฐานเปรียบเทียบ ซึ่งมีค่าเป็น 12.0000 amu หรือ 12.0000 เนื่องจากอะตอมมีขนาดเล็ก และมีปริมาณมากมายสุดที่จะนับได้โดยตรง และถ้านับได้ก็จะเป็นตัวเลขที่มีค่ามหาศาลจะประมาณได้ นักวิทยาศาสตร์จึงได้กำหนดมาตรฐานวัดปริมาณของสาร (อะตอม, โมเลกุล) ที่มีจำนวนปริมาณมากๆ ในหน่วยของโมล (Mole, หน่วย Mol) โมลจึงเป็นหน่วยบอกปริมาณ เช่นเดียวกับโหล (dozen) และ กุรุส (gross) 1 โมล คือ ปริมาณสารจำนวน 6.022×10^{23} สิ่ง คำว่า "สิ่ง" นี้ ในทางเคมี หมายถึง อะตอม, โมเลกุล หรือหน่วยสูตรอื่น ๆ ตัวเลข 6.022×10^{23} นี้ เรียกว่า เลขอโวกาโดร (Avogadro's number) ตามคำจำกัดความ '1 โมลของธาตุ หรือสารประกอบใด ๆ ที่มีจำนวนตัวเลข (6.022×10^{23}) ของหน่วยสูตร ซึ่งเป็นจำนวนเดียวกันกับจำนวนอะตอมที่มีอยู่ใน 0.012 กิโลกรัม หรือ 12.0000 กรัม (ค่าแน่นอน) ของ ^{12}C ' กล่าวคือจำนวนอะตอมที่มีอยู่ใน ^{12}C หนัก 12 กรัม คือ 6.022×10^{23} อะตอม หรือเท่ากับ 1 โมล ในธรรมชาติคาร์บอนไม่ได้มีเฉพาะ ^{12}C แต่เป็นของผสมของไอโซโทป ^{12}C (98.89 %) และ ^{13}C (1.11%) ดังนั้นค่าเฉลี่ยของมวลคาร์บอนในธรรมชาติ จึงมีค่าเท่ากับ 12.011 amu ซึ่งค่านี้เป็นมวลอะตอม

(atomic mass) ของคาร์บอน ถ้ามีคาร์บอน 12.011 กรัม จะมีจำนวนอะตอมเท่ากับเลขอวกาศของอะตอมคาร์บอนที่มีในธรรมชาติ ดังนั้น 1 โมลของคาร์บอน มีมวล = 12.011 กรัม ค่ามวลอะตอม จึงเป็นค่าที่นิยมใช้ในการคำนวณทางเคมี, ในห้องทดลองมากกว่าที่จะใช้มวลที่แท้จริงของอะตอมดังกล่าวข้างต้น

ในทำนองเดียวกันกับสารประกอบที่เกิดจากการรวมตัวกันทางเคมีของอะตอมของธาตุต่าง ๆ เป็นโมเลกุลที่มีขนาดโตขึ้นเช่น โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ผลรวมของมวลอะตอมของทุกอะตอมในโมเลกุล เรียกว่า มวลโมเลกุล (molecular mass) มวลโมเลกุลของโซเดียมคลอไรด์ คือ

$$\text{Na} = 23.00$$

$$\text{Cl} = 35.50$$

$$\text{มวลโมเลกุล NaCl} = 58.50$$

สารเคมีทุกชนิดที่มีมวล (เป็นกรัม) เท่ากับมวลโมเลกุลจะเท่ากับ 1 โมลของสารนั้น และมีจำนวนโมเลกุลเท่ากับ 6.022×10^{23} โมเลกุล จำนวนโมลที่เท่ากันจะมีจำนวนอะตอม หรือจำนวนโมเลกุลเท่ากัน

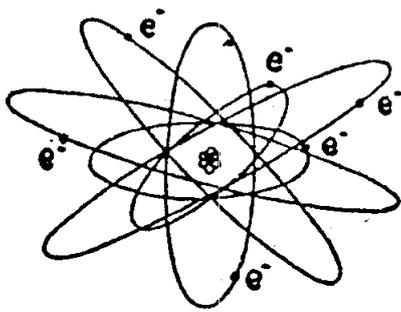
โครงสร้างอะตอม (Atomic Structure)

โครงสร้างอะตอมในปัจจุบันได้พัฒนามาจากแนวความคิดของนักวิทยาศาสตร์ ชาวเดนมาร์ก ชื่อ นีลส์ บอห์ร์ (Niels Bohr) ในปี ค.ศ. 1913 บอห์ร์ ได้เสนอรูปแบบจำลองอะตอมขึ้นมาว่า อะตอมประกอบด้วยอนุภาคหลัก 3 ชนิด คือ อิเล็กตรอน (electron, e^-) โปรตอน (proton, p) และนิวตรอน (neutron, n) สมบัติของอนุภาคทั้งสามได้แสดงใน ตารางที่ 4-2

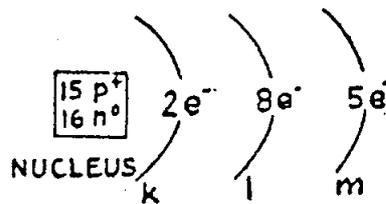
ตารางที่ 4-2 แสดงประจุ, น้ำหนักแท้จริง, น้ำหนักเปรียบเทียบ ของอนุภาคอิเล็กตรอน, โปรตอน และนิวตรอน

อนุภาค	ประจุ	น้ำหนักแท้จริง(กรัม)	น้ำหนักเปรียบเทียบ (amu)
e	-1	9.1096×10^{-28}	$0.0005486 = 0$
p	+1	1.6726×10^{-24}	$1.0072766 = 1$
n	0	1.6749×10^{-24}	$1.008665 = 1$

ในแบบจำลองอะตอมของบอร์ โปรตอนและนิวตรอนจะยึดเกาะกันอยู่ตรงกลางของอะตอม เรียกว่า นิวเคลียส (nucleus) และมีอิเล็กตรอนวิ่งรอบ ๆ นิวเคลียส มีระยะห่างเป็นระยะ ๆ ออกไป นิวเคลียสมีขนาดเล็กมากประมาณ $1/10000$ เท่าของรัศมีของอะตอม คือมีรัศมีประมาณ 10^{-15} - 10^{-16} เมตร มีประจุบวกมีความหนาแน่นสูงและมวลส่วนใหญ่ของอะตอมจะอยู่ที่นิวเคลียส ดังนั้นแบบจำลองอะตอมของบอร์ นั้น อาจกล่าวได้ว่า คล้ายกับระบบสุริยะ โดยที่นิวเคลียสเปรียบเสมือนดวงอาทิตย์ และอิเล็กตรอนเปรียบเหมือนดาวเคราะห์วิ่งล้อมรอบเป็นวงเป็นชั้น ๆ โดยมีจำนวนอิเล็กตรอนเท่ากับจำนวนโปรตอนที่นิวเคลียสเพื่อดุลประจุไฟฟ้า ทำให้อะตอมของธาตุมีประจุไฟฟ้าเป็นกลาง ดังรูปที่ 4-3



CARBON
At. No. 6
At. Wt. 12



PHOSPHORUS
At. Wt. 31 At. No. 15

รูปที่ 4-3 แสดงจำนวนอิเล็กตรอนที่ล้อมรอบนิวเคลียสของธาตุคาร์บอนและฟอสฟอรัส

ธาตุแต่ละธาตุจะมีค่าตัวเลขที่เรียกว่า เลขอะตอม (atomic number) ต่างกัน เลขอะตอมนี้ก็คือจำนวนโปรตอนในนิวเคลียสนั่นเอง หรือกล่าวได้ว่าเท่ากับจำนวนอิเล็กตรอนที่ล้อมรอบนิวเคลียส การจัดเรียงตัวของ อิเล็กตรอนในโครงสร้างอะตอมของธาตุต่างกันทำให้ธาตุมีสมบัติแตกต่างกัน

ในสมัยยุคเล่นแร่แปรธาตุ นักเคมีได้พยายามที่จะเปลี่ยนธาตุตะกั่วให้เป็นทองคำแต่ทำไม่สำเร็จ เนื่องจากยังไม่สามารถเปลี่ยนแปลงจำนวนโปรตอนในนิวเคลียสเพียงแต่เปลี่ยนแค่ระดับอิเล็กตรอนของอะตอมเท่านั้น

การกระจายของอิเล็กตรอนในอะตอม

จากแบบจำลองอะตอมของบอร์ อิเล็กตรอนที่วิ่งล้อมรอบนิวเคลียสนั้น จะวิ่งเป็นวง เป็นชั้น หรือเรียกว่า shell โดยมีระยะเฉลี่ยห่างจากนิวเคลียสระยะหนึ่ง ในแต่ละชั้นจะมีจำนวนอิเล็กตรอนจำกัดคงที่ และจำนวนอิเล็กตรอนในแต่ละชั้นจะเพิ่มขึ้นเมื่อรัศมีโตออกไป แต่ละชั้นนั้น ได้กำหนดเป็นอักษรไว้ตามระดับพลังงานจากน้อยไปมาก คือ K L M N O ตามลำดับ ในแต่ละชั้นยังแบ่งย่อยออกไปอีกเป็นชั้นย่อยเรียก sub shell คือ s, p, d, f เป็นต้น ใน K-shell มีอิเล็กตรอนไม่เกิน 2 ตัว , L-shell ไม่เกิน 8 ตัว , M-shell ไม่เกิน 18 ตัว และ N-shell ไม่เกิน 32 ตัว จำนวนอิเล็กตรอนสูงสุดในแต่ละชั้นสามารถหาได้จากสูตร ดังนี้

$$\text{จำนวนอิเล็กตรอนสูงสุดแต่ละชั้น} = 2n^2$$

$$[n = 1 (K) , 2 (L) , 3 (M).....]$$

การกระจายของอิเล็กตรอนในชั้นต่างๆ ของแต่ละอะตอมของธาตุ ได้แสดงไว้ใน ตารางที่ 4-3

จากตารางที่ 4-3 ถ้าพิจารณาดูเริ่มจากธาตุตัวแรกคือ ไฮโดรเจน (H) เป็นต้นไปจะเห็นสาระซ่อนนําส่งเกต ดังนี้

- 1) ใน 18 ธาตุแรก อิเล็กตรอนตัวใหม่บรรจุในวงนอกสุด จนกระทั่งเต็มชั้น (วง) จากนั้นจึงจะเริ่มบรรจุในชั้นใหม่
- 2) สำหรับธาตุที่มีเลขอะตอมสูงเพิ่มขึ้น มีจำนวนชั้นของอิเล็กตรอนที่ยังบรรจุไม่เต็มถึง 2-3 ชั้น
- 3) ตั้งแต่ชั้น M เป็นต้นไป มีอิเล็กตรอนบรรจุชั่วคราว 8 ตัว และเริ่มบรรจุในชั้นใหม่จากนั้นจึงกลับมาบรรจุในวงชั่วคราวข้างต้นจนเต็ม
- 4) ชั้นวงนอกสุดจะมีอิเล็กตรอนบรรจุไม่เกิน 8 ตัว

จากความรู้ที่ได้จากการศึกษาการกระจายของอิเล็กตรอนในอะตอมของธาตุต่าง ๆ ทำให้สามารถจำแนกธาตุเป็นตารางธาตุ (ตาม รูปที่ 4-4) ได้ตามความแตกต่างของโครงสร้างอะตอม ดังนี้

- 1) ธาตุโนเบิลแก๊ส (Noble gas elements) ธาตุเหล่านี้ทุกชั้นวงจะมีอิเล็กตรอนบรรจุเต็ม ธาตุพวกนี้บางทีเรียก ธาตุหมู่ศูนย์ มีสมบัติเป็นแก๊สและเฉื่อยต่อปฏิกิริยา
- 2) ธาตุ Representative (หรือ ธาตุสามัญ) ธาตุพวกนี้มีชั้นวงที่มีอิเล็กตรอนบรรจุไม่เต็ม 1 ชั้น ธาตุพวกนี้แต่ละหมู่จะกำกับด้วยอักษร A มีทั้งโลหะและอโลหะ
- 3) ธาตุ Transition ธาตุพวกนี้มีชั้นวงที่มีอิเล็กตรอนบรรจุไม่เต็ม 2 ชั้น ธาตุในกลุ่มนี้มีสมบัติเป็นโลหะทั้งสิ้น แต่ละหมู่จะกำกับด้วยอักษร B

4) ธาตุ Inner transition ธาตุพวกนี้มีชั้นวงที่มีอิเล็กตรอนบรรจุไม่เต็ม 3 ชั้นธาตุกลุ่มนี้เป็นโลหะ และถูกแยกจัดไว้เฉพาะตอนล่างของตารางธาตุ ได้แก่ กลุ่มธาตุอนุกรม แลนทานาไนด์ (lanthanide) และ ธาตุอนุกรมแอกติไนด์ (actinide)

PERIODIC TABLE OF ELEMENTS

PERIODS	SIMPLE ELEMENTS		TRANSITION ELEMENTS										SIMPLE ELEMENTS						
	GROUP I	GROUP II											GROUP III	GROUP IV	GROUP V	GROUP VI	GROUP VII	GROUP VIII	
1	1 H 1.008																	2 He 4.00	
2	3 Li 6.941	4 Be 9.01																	
3	11 Na 22.990	12 Mg 24.31											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18	
4	19 K 39.098	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.88	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.59	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80	
5	37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.4	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.69	51 Sb 121.75	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.29	
6	55 Cs 132.91	56 Ba 137.33	57 La 138.91	58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.4	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.04	71 Lu 174.97		
7	87 Fr (223)	88 Ra 226.03	89 Ac 227.03	90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np 237.05	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (260)		

INNER TRANSITION ELEMENTS		LANTHANIDE SERIES										ACTINIDE SERIES																					
		57 La 138.91	58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.4	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.04	71 Lu 174.97			89 Ac 227.03	90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np 237.05	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (260)

() indicates best known or most stable isotope

รูปที่ 4-4 แสดงการจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ

ตารางที่ 4-3 แสดงการกระจายของอิเล็กตรอนในชั้นต่าง ๆ ของอะตอมของธาตุต่าง ๆ

DISTRIBUTION OF ELECTRONS

At. No.	Element	Shells					At. No.	Element	Shells						
		k	l	m	n	o			k	l	m	n	o	p	q
1	Hydrogen	1					55	Cesium	2	8	18	18	8	1	
2	Helium	2					56	Barium	2	8	18	18	8	2	
3	Lithium	2	1				57	Lanthanum	2	8	18	18	9	2	
4	Beryllium	2	2				58	Cerium	2	8	18	20	8	2	
5	Boron	2	3				59	Prmium	2	8	18	21	8	2	
6	Carbon	2	4				60	Neodymium	2	8	18	22	8	2	
7	Nitrogen	2	5				61	Promethium	2	8	18	23	8	2	
8	Oxygen	2	6				62	Samarium	2	8	18	24	8	2	
9	Fluorine	2	7				63	Europium	2	8	18	25	8	2	
10	Neon	2	8				64	Gadolinium	2	8	18	25	9	2	
11	Sodium	2	8	1			65	Terbium	2	8	18	27	8	2	
12	Magnesium	2	8	2			66	Dysprosium	2	8	18	28	8	2	
13	Aluminum	2	8	3			67	Holmium	2	8	18	29	8	2	
14	Silicon	2	8	4			68	Erbium	2	8	18	30	8	2	
15	Phosphorus	2	8	5			69	Thulium	2	8	18	31	8	2	
16	Sulfur	2	8	6			70	Ytterbium	2	8	18	32	8	2	
17	Chlorine	2	8	7			71	Lutetium	2	8	18	32	9	2	
18	Argon	2	8	8			72	Hafnium	2	8	18	32	10	2	
19	Potassium	2	8	8	1		73	Tantalum	2	8	18	32	11	2	
20	Calcium	2	8	8	2		74	Tungsten	2	8	18	32	12	2	
21	Scandium	2	8	9	2		75	Rhenium	2	8	18	32	13	2	
22	Titanium	2	8	10	2		76	Osmium	2	8	18	32	14	2	
23	Vanadium	2	8	11	2		77	Iridium	2	8	18	32	15	2	
24	Chromium	2	8	13	1		78	Platinum	2	8	18	32	16	2	
25	Manganese	2	8	13	2		79	Gold	2	8	18	32	18	1	
26	Iron	2	8	14	2		80	Mercury	2	8	18	32	18	2	
27	Cobalt	2	8	15	2		81	Thallium	2	8	18	32	18	3	
28	Nickel	2	8	16	2		82	Lead	2	8	18	32	18	4	
29	Copper	2	8	18	1		83	Bismuth	2	8	18	32	18	5	
30	Zinc	2	8	18	2		84	Polonium	2	8	18	32	18	6	
31	Gallium	2	8	18	3		85	Astatine	2	8	18	32	18	7	
32	Germanium	2	8	18	4		86	Radon	2	8	18	32	18	8	
33	Arsenic	2	8	18	5		87	Francium	2	8	18	32	18	8	1
34	Selenium	2	8	18	6		88	Radium	2	8	18	32	18	8	2
35	Bromine	2	8	18	7		89	Actinium	2	8	18	32	18	9	2
36	Krypton	2	8	18	8		90	Thorium	2	8	18	32	18	10	2
37	Rubidium	2	8	18	8	1	91	Protinium	2	8	18	32	20	9	2
38	Strontium	2	8	18	8	2	92	Uranium	2	8	18	32	21	9	2
39	Yttrium	2	8	18	9	2	93	Neptunium	2	8	18	32	22	9	2
40	Zirconium	2	8	18	10	2	94	Plutonium	2	8	18	32	24	8	2
41	Niobium	2	8	18	12	1	95	Americium	2	8	18	32	25	8	2
42	Molybdenum	2	8	18	13	1	96	Curium	2	8	18	32	25	9	2
43	Technetium	2	8	18	13	2	97	Berkelium	2	8	18	32	27	8	2
44	Ruthenium	2	8	18	15	1	98	Californium	2	8	18	32	28	8	2
45	Rhodium	2	8	18	16	1	99	Einsteinium	2	8	18	32	29	8	2
46	Palladium	2	8	18	18	0	100	Fermium	2	8	18	32	30	8	2
47	Silver	2	8	18	18	1	101	Mendelevium	2	8	18	32	31	8	2
48	Cadmium	2	8	18	18	2	102	Nobelium	2	8	18	32	32	8	2
49	Indium	2	8	18	18	3	103	Lawrencium	2	8	18	32	32	9	2
50	Tin	2	8	18	18	4	104	Rutherfordium	2	8	18	32	32	10	2
51	Antimony	2	8	18	18	5	105	Hahnium	2	8	18	32	32	11	2
52	Tellurium	2	8	18	18	6	106	(Not yet named)	2	8	18	32	32	12	2
53	Iodine	2	8	18	18	7	107	(Not yet named)	2	8	18	32	32	13	2
54	Xenon	2	8	18	18	8	109	(Not yet named)	2	8	18	32	32	15	2

จากโครงสร้างการกระจายของอิเล็กตรอนในอะตอมของแต่ละธาตุ ทำให้สามารถศึกษาความสัมพันธ์ทางสมบัติของธาตุและสารประกอบที่เกิดขึ้นในธาตุแต่ละกลุ่มได้ง่าย ลักษณะที่สำคัญที่ทำให้สมบัติเคมีของธาตุแตกต่างกันออกไปนั้น ขึ้นกับ

1) ประจุที่นิวเคลียสมีน้อยเพียงใด

2) จำนวนอิเล็กตรอนในชั้นต่าง ๆ และอิเล็กตรอนวงนอกสุดที่อยู่รอบนิวเคลียส

3) ระยะห่างของอิเล็กตรอนในชั้นต่าง ๆ และระยะห่างจากนิวเคลียส ความคล้ายคลึงกันทางสมบัติทางเคมีของธาตุ ทำให้สามารถจัดหมวดหมู่ของธาตุเป็นตารางธาตุโดยเรียงตามเลขอะตอม ตารางธาตุจะแสดงสัญลักษณ์ของธาตุและน้ำหนักอะตอมของธาตุไว้ ธาตุต่างๆที่อยู่ในแนวตั้งเรียก หมู่ (group) ในแนวนอนเรียก คาบ (period) ธาตุในหมู่เดียวกันจะมีสมบัติเคมีคล้ายคลึงกัน ทำให้สามารถที่จะคาดคะเน สมบัติทางเคมีของธาตุอื่น ๆ ในหมู่เดียวกันได้ ซึ่งนับว่าเป็นประโยชน์ของตารางธาตุ ปัจจุบันมีการค้นพบธาตุแล้วถึง 113 ธาตุ

4.1.3 สารประกอบ (Compounds)

โดยปกติแล้ว ในธรรมชาติธาตุต่าง ๆ จะไม่อยู่ในลักษณะที่เป็นอะตอมเดี่ยว ๆ แต่จะรวมกันเป็นกลุ่มอะตอม หรือ โมเลกุลของสารประกอบ เช่น P_4 , S_8 , NH_3 , CH_4 เป็นต้น การที่อะตอมเหล่านี้รวมกันอยู่ได้อย่างเสถียรนั้น เนื่องจากมีแรงยึดเหนี่ยวอะตอมเหล่านี้เข้าด้วยกัน แรงดังกล่าวเรียกว่า "พันธะเคมี" และการที่จะทำลายโมเลกุล ให้ แยกออกกลายเป็นอะตอม จะต้องให้พลังงานเข้าไปทำลายพันธะนี้ อย่างไรก็ตามอะตอมของบางธาตุ เช่น พวก โนเบิลแก๊ส (ธาตุเฉื่อย) ก็สามารถอยู่ตามลำพังได้ ถ้าเราพิจารณาโครงสร้างการจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอมของโนเบิลแก๊สจะพบว่า อะตอมมีอิเล็กตรอนวงนอกสุดครบ 8 ตัว ซึ่งทำให้อะตอมมีคุณลักษณะเสถียรเป็นพิเศษ ดังนั้นเมื่อสารต่าง ๆ เข้าทำปฏิกิริยาเกิดเป็นสารประกอบ อะตอมของสารที่เข้าทำปฏิกิริยานั้น ก็พยายามที่จะจัดเรียงตัวของ อิเล็กตรอนวงนอกให้เหมือนกับโนเบิลแก๊ส โมเลกุลของสารประกอบที่เกิดขึ้นนี้จึงมีความเสถียร

ประเภทของสารประกอบ สารประกอบสามารถจำแนกไว้ 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

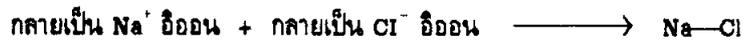
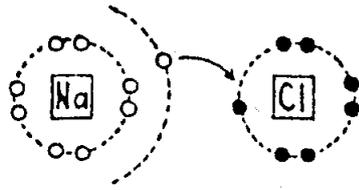
1) สารประกอบไอออนิก ได้แก่ สารประกอบที่อยู่ในโมเลกุลมีแรงยึดเหนี่ยวแบบพันธะไอออนิก ซึ่งเป็นแรงยึดเหนี่ยวที่เกิดจากแรงดึงดูดของประจุบวกและประจุลบของไอออนบวก และไอออนลบที่เกิดจากการเคลื่อนย้ายของอิเล็กตรอนจากอะตอมหนึ่งไปยังอีกอะตอมหนึ่ง ตัวอย่างเช่น สารประกอบไอออนิกโซเดียมคลอไรด์ ($NaCl$)

สารประกอบไอออนิก มีสมบัติทั่วไป ดังนี้

1) ละลายน้ำได้ดี เมื่อละลายน้ำแล้วจะเกิดเป็นไอออนบวกและไอออนลบ

2) สารละลายไอออนิก นำไฟฟ้าได้ดี โดยไอออนเหล่านี้สามารถนำไฟฟ้าได้

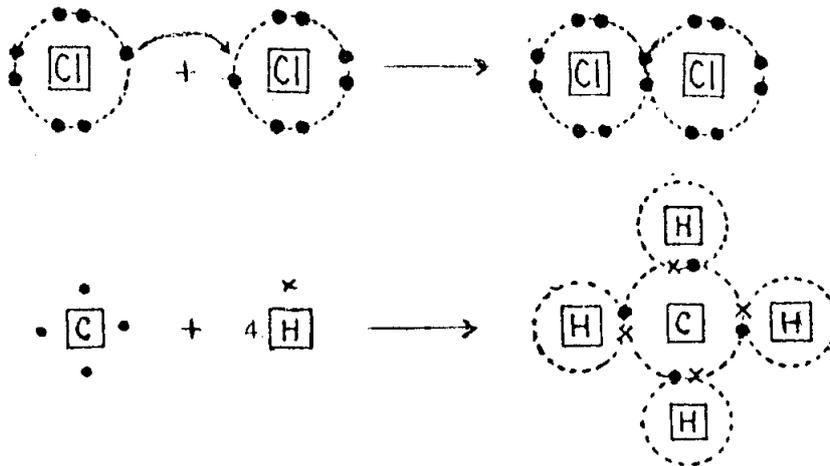
3) เป็นผลึกของแข็ง มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง เนื่องจากพันธะไอออนิกเป็นพันธะที่แข็งแรง เมื่อหลอม เหลวแล้วได้อิออนและนำไฟฟ้า

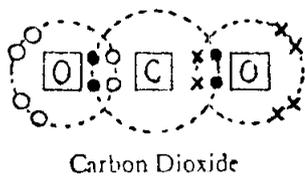


พันธะไอออนิก

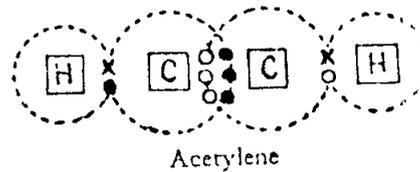
2) สารประกอบโควาเลนต์ ได้แก่สารประกอบที่ภายในโมเลกุล มีแรงยึดเหนี่ยวแบบพันธะโควาเลนต์ ซึ่งเกิดขึ้นเมื่ออะตอมที่เข้าทำปฏิกิริยากัน นำเอาอิเล็กตรอนวงนอกที่มีจำนวนเท่ากันมาแชร์กันเป็นคู่ อาจจะเป็น 1 คู่, 2 คู่ หรือ 3 คู่ ทำให้เกิดพันธะเดี่ยว (single bond), พันธะคู่ (double bond) หรือพันธะสาม (triple bond) ตามลำดับ

ตัวอย่างเช่น การเกิดพันธะเดี่ยว





พันธะคู่



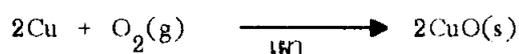
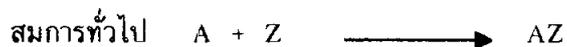
พันธะสาม

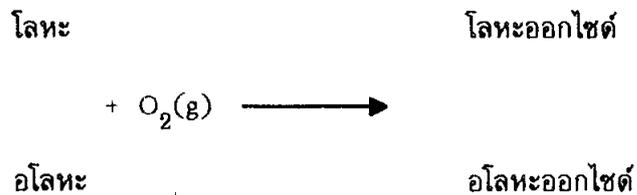
4.2 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

การเปลี่ยนแปลงทางเคมี คือ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของสารทำให้เกิดสารใหม่ขึ้น และมีสมบัติเฉพาะของสารนั้นหรือ กล่าวได้ว่า คือการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารจากสารหนึ่งไปเป็นอีกสารหนึ่ง เช่น การเผาไหม้ การเกิดสนิมเหล็ก การบูดเน่าของอาหาร นักวิทยาศาสตร์มักจะแสดงปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในรูปของสมการเคมีโดยแทนสัญลักษณ์ของธาตุและสูตรทางเคมีของสารประกอบที่เกี่ยวข้อง ในการเขียนสมการจะเขียนสูตรของสารตั้งต้น (reactant) ไว้ทางด้านซ้ายมือ และผลิตภัณฑ์ (product) ของปฏิกิริยาไว้ทางขวา มีสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์ บางครั้งอาจจะบอกลักษณะทางกายภาพของสารไว้ด้วย เช่น ของแข็งใช้ (s) สารละลายในน้ำใช้ (aq, มาจาก aqueous) ของเหลวใช้ (l), และแก๊สใช้ (g) สมการเคมีที่เขียนจะต้องเขียนสูตรเคมีของ ทั้งสารตั้งต้น และสารผลิตภัณฑ์ให้ถูกต้อง และจะต้องดุลยโดยการเขียนสัมประสิทธิ์ หน้าสูตรเพื่อให้จำนวนอะตอมแต่ละตัวของทั้งสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์เท่ากัน ปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ จำนวนมากมาย สามารถจำแนกแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท คือ

4.2.1 Combination reaction

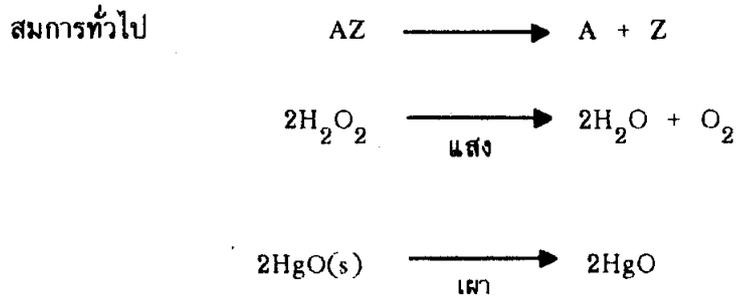
เป็นการรวมตัวกันโดยตรงของสารตั้งแต่ 2 สารขึ้นไป ซึ่งอาจเป็นธาตุหรือสารประกอบแล้วเกิดเป็นสารประกอบที่ซับซ้อนขึ้น เช่น การเผาโลหะทองแดงกับออกซิเจนได้คอปเปอร์ออกไซด์





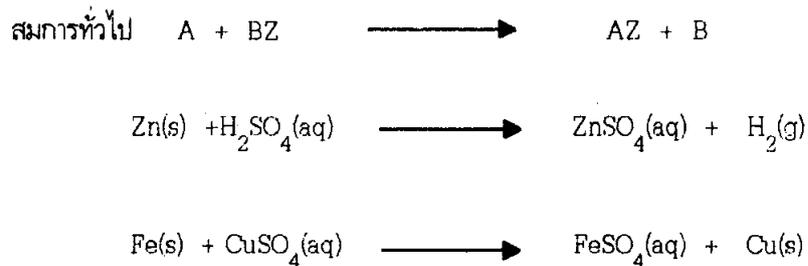
4.2.2 Decomposition Reaction

เป็นการสลายตัวของสารประกอบให้กลายเป็นสารประกอบง่าย ๆ หรือธาตุเช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เมื่อถูกแสงแดดหรือเมื่อสัมผัสผิวหรือเนื้อเยื่อขณะล้างแผล จะเกิดสลายตัวได้น้ำและออกซิเจน



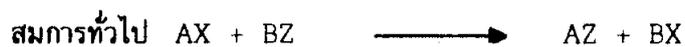
4.2.3 Replacement reaction

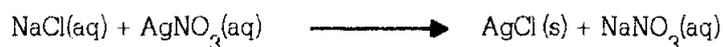
เป็นปฏิกิริยาการแทนที่ของธาตุหนึ่งในอีกธาตุที่อยู่ในสารประกอบ ตัวอย่าง เช่น นำชิ้นโลหะสังกะสีจุ่มลงในกรดซัลฟูริก(กรดกำมะถัน, H₂SO₄) จะเห็นฟองแก๊สเกิดขึ้นคือแก๊สไฮโดรเจน โดยสังกะสีจะไปแทนที่ไฮโดรเจนในกรดและปล่อยออกมาในรูปแก๊สไฮโดรเจนและเกิดสารประกอบใหม่ คือ ZnSO₄



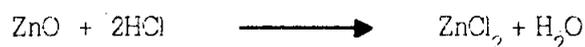
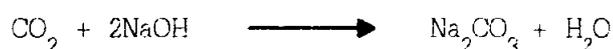
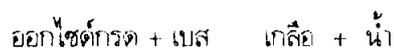
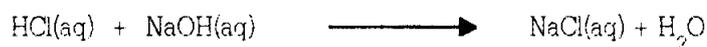
4.2.4 Double replacement reaction

เป็นปฏิกิริยาที่สารประกอบ 2 สาร ทำปฏิกิริยากันแล้วได้สารประกอบใหม่ 2 สารเกิดขึ้น ซึ่งเกิดจากการแลกเปลี่ยนไอออนบวก ซึ่งกันและกัน ดังตัวอย่าง

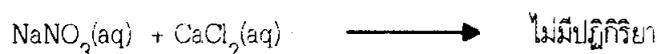




ปฏิกิริยา double replacement อีกชนิดหนึ่งที่มีชื่อเฉพาะคือ neutralization เป็นปฏิกิริยาที่เกิดจากกรด หรือออกไซด์ของกรดทำปฏิกิริยากับเบสหรือออกไซด์ของเบสได้สารประกอบเกลือของโลหะและน้ำ ดังตัวอย่าง



ในบางกรณีสารประกอบ 2 ชนิด เมื่อนำมาผสมกันแล้ว ไม่มีปฏิกิริยาเกิดเพียงแต่เป็นของผสมของไอออนทั้ง 4 รวมกันอยู่ เช่น



ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์ NaCl และ $\text{Ca(NO}_3)_2$ เหมือนกับสารตั้งต้น NaNO_3 และ CaCl_2 ซึ่งละลายในน้ำ ปฏิกิริยาบางปฏิกิริยาจะเกิดได้ดีเมื่อมีสารที่ช่วยเร่งอัตราเร็วของปฏิกิริยา ที่เรียกว่า Catalyst ตัวสารนี้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในปฏิกิริยา เช่น การเกิดสนิมเหล็กจะเกิดได้ดีเมื่อมีน้ำและความชื้น สารที่ช่วยลดอัตราเร็วของปฏิกิริยา เรียก inhibitor

4.3 สารละลาย (Solutions)

สารละลาย คือ ของผสมเนื้อเดียวกันของอนุภาคที่มีขนาดเล็กที่สุด อนุภาคดังกล่าวคือ อะตอม, อีออน, โมเลกุล สารละลายประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ตัวทำละลาย (solvent) ซึ่งเป็นตัวกลางในการละลาย ตัวทำละลายอาจอยู่ในสถานะต่าง ๆ เช่น ของแข็ง, ของเหลว หรือ แก๊ส ส่วนที่สอง คือตัวละลาย (solute) หรือสารที่ละลาย ตัวละลายอาจเป็นของแข็งหรือของเหลวก็ได้ สารละลายเป็นของผสม เนื่องจากปริมาณตัวละลายจะแพร่ไปในสารละลายในรูปของโมเลกุล หรือ อีออนและเป็นเนื้อเดียวกันทั่วสารละลายเช่น โมเลกุลของน้ำตาลที่มีอยู่ในน้ำ, อีออนของโซเดียม (Na^+) และคลอไรด์ (Cl^-) ของเกลือแกงที่แพร่ไปทั่วเมื่อนำเกลือมาละลายน้ำ จากคุณลักษณะของตัวละลายที่มีอยู่ในตัวทำละลาย ทำให้สามารถจำแนกได้เป็น 3 จำพวก คือ

1) สารละลายแท้ (true solution) สารละลายประเภทนี้ อนุภาค(อีออน, อะตอม, โมเลกุล) ของตัวละลายสามารถละลายเป็นเนื้อเดียวกันกับตัวทำละลาย และเมื่อตั้งทิ้งไว้ตัวละลายจะไม่แยกออกมาจากสารละลาย

2) สารคอลลอยด์ (colloidal dispersion) สารประเภทนี้อนุภาคของตัวละลายไม่ละลายในตัวทำละลาย แต่อนุภาคของตัวละลายรวมตัวเป็นกลุ่มของอีออน, อะตอม หรือ โมเลกุลแล้วแพร่กระจายไปทั่วตัวทำละลาย สารคอลลอยด์นี้เมื่อส่องผ่านลำแสงจะปรากฏให้เห็นความขุ่นมัวของสารละลาย ซึ่งเรียก Tyndall effect ตัวอย่างสารคอลลอยด์เช่น หมอก, ฝุ่นในอากาศ, นํ้านม เป็นต้น อนุภาคของตัวละลายในสารคอลลอยด์สามารถผ่านกระดาษกรองได้ดีเช่นเดียวกับสารละลายแท้ แต่ไม่สามารถผ่านเยื่อกรองเช่น cellophane หรือเยื่อผนังเซลล์ (cell wall membrane) ของลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่ ในขณะที่อนุภาคตัวละลายในสารละลายแท้สามารถซึมผ่านเข้าสู่กระแสโลหิตและไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

3) สารแขวนลอย (suspensions) สารชนิดนี้ไม่จัดเป็นสารละลาย เป็นเพียงแต่ของผสม และเมื่อตั้งทิ้งไว้ อนุภาคแขวนลอยจะแยกตัวออกจากตัวทำละลาย และออกจากตัวทำละลายโดยการกรองธรรมดา ตัวอย่างเช่น นํ้ายาลดกรดพวก magnesia milk, alum milk เป็นต้น

4.3.1 ความเข้มข้นของสารละลาย การบอกความเข้มข้นของสารละลาย อาจบอกกว้าง ๆ ได้ดังนี้

สารละลายเจือจาง (dilute solution) คือสารละลายที่มีปริมาณตัวละลายน้อยต่อหน่วยปริมาตรของสารละลาย ตัวอย่างเช่น ผลึกเกลือ 2 - 3 เกล็ดในน้ำ 1 แก้ว เป็นต้น

สารละลายเข้มข้นสูง (concentration solution) คือสารละลายที่มีปริมาณตัวละลายที่มีปริมาณจำนวนมากต่อหน่วยปริมาตรของสารละลาย ตัวอย่างเช่น นํ้าเชื่อม ซึ่ง มีปริมาณความเข้มข้นของน้ำตาลสูงมากในน้ำ

สารละลายอิ่มตัว (saturated solution) เป็นสภาพความเข้มข้นของสารละลาย ณ ที่อุณหภูมิหนึ่งที่เราไม่สามารถละลายตัวละลายได้มากกว่านั้นอีก สารละลายสภาพนี้ เมื่อเราเติมตัวละลายลงไปอีกเล็กน้อยตัวละลายของแข็งนั้นจะไม่ละลายและตกอยู่ที่ก้นภาชนะนั้น

ในวิชาเคมีความเข้มข้นของสารละลายมีหน่วยเป็น Molarity หรือ Molar (M) และ percentage composition สารละลายเข้มข้น 1 Molar (1M) หมายถึง สารละลายที่มีตัวละลาย 1 โมลต่อสารละลาย 1 ลิตร

$$\text{Molality (M)} = \frac{\text{จำนวนโมลของตัวละลาย}}{\text{สารละลาย 1 ลิตร}}$$

สารละลาย 1 ลิตร

percentage composition เป็นการบอกความเข้มข้นของตัวละลายในรูปร้อยละต่อน้ำหนัก หรือต่อปริมาตรของตัวทำละลาย การบอกความเข้มข้นเป็นร้อยละต่อน้ำหนักของตัวทำละลายมักใช้กับของแข็งละลายในของเหลว สำหรับความเข้มข้นร้อยละต่อปริมาตรมักใช้กับแก๊สละลายในแก๊ส หรือของเหลวละลายในของเหลว ดังนี้

$$\% \text{ โดยน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักของตัวละลาย}}{\text{น้ำหนักของตัวทำละลาย}} \times 100$$

$$\% \text{ โดยปริมาตร} = \frac{\text{ปริมาตรของตัวละลาย}}{\text{ปริมาตรของตัวทำละลาย}} \times 100$$

$$\% \text{ โดยน้ำหนัก/ปริมาตร} = \frac{\text{น้ำหนักของตัวละลาย}}{\text{ปริมาตรของตัวทำละลาย}} \times 100$$

การเตรียมสารละลายมาตรฐานจากการเจือจาง การเตรียมสารละลายมาตรฐานนั้น ไม่จำเป็นต้องเตรียมจากการละลายสารตัวละลายที่บริสุทธิ์เสมอไป แต่สามารถเตรียมได้จากการเจือจางสารละลายเข้มข้นมาตรฐานโดยเติมตัวทำละลายลงไป ทำให้สารละลายใหม่มีความเข้มข้นเจือจางตามต้องการ ในการเตรียมสารละลายมาตรฐานจากการเจือจางสารละลายเข้มข้นมาตรฐาน คำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

M_1 = Molarity ของสารละลายมาตรฐานเข้มข้นที่ต้องนำมาเจือจาง

M_2 = Molarity ของสารละลายมาตรฐานเจือจางที่ต้องการเตรียม

V_1 = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานเข้มข้นที่ต้องตวงออกมา

V_2 = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานเจือจางที่ต้องการเตรียม

ตัวอย่าง จงหาความเข้มข้น molarity(M) จากการละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) จำนวน 21.2 กรัมในน้ำ 400 มิลลิลิตร จากนั้นเติมน้ำลงไปอีก 600 มิลลิลิตร จงหาความเข้มข้นสารละลายหลังจากการเจือจาง(กำหนดให้น้ำหนักอะตอมของ Na =23, C =12, O =16)

วิธีทำ 1) น้ำหนักโมเลกุลของ $\text{Na}_2\text{CO}_3 = (23 \times 2) + 12 + (16 \times 3) = 106$ กรัม/โมล

2) หาจำนวนโมลของ Na_2CO_3 21.2 กรัม = $\frac{21.2 \text{ g}}{106 \text{ g/mol}} = 0.2 \text{ mol}$

3) Molarity = $\frac{\text{จำนวนโมล } \text{Na}_2\text{CO}_3}{\text{สารละลาย 1 ลิตร}} = \frac{0.2 \text{ mol}}{1000 \text{ ml /L}} = 0.5 \text{ M}$

สารละลาย 400 ml. Na_2CO_3 มีความเข้มข้น = 0.5 M.

เมื่อทำให้เจือจางโดยเติมน้ำลงไป 600 ml. สารละลายใหม่มีปริมาตร 1000 ml. หรือ 1 ลิตร

ในสารละลายใหม่ 1 ลิตรนี้ก็ยังคงมีปริมาณสาร $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 21.2$ กรัม หรือ 0.2 โมล

\therefore สารละลายใหม่มีความเข้มข้น = $\frac{0.2 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 0.2 \text{ M}$.

ตัวอย่าง จงคำนวณหาปริมาตรของสารละลาย 0.25 M NaCl ที่จะต้องตวงออกมาเพื่อให้มีจำนวนโมลเท่ากับ 0.100 mol NaCl

วิธีทำ จากความเข้มข้น NaCl = 0.25 M

NaCl 0.250 mol. ละลายในสารละลาย 1 ลิตรหรือ 1000 ml.

NaCl 0.100 mol. มีอยู่ในสารละลาย = $\frac{1000 \text{ ml} \cdot 0.100 \text{ mol}}{0.250 \text{ mol}} = 400 \text{ ml}$.

สารละลาย NaCl 0.250 M จำนวน 400 ml. มีจำนวนโมล NaCl = 0.100 โมล

ตัวอย่าง จงบอกวิธีการเตรียมสารละลาย 0.125 M H_2SO_4 จำนวน 100 ml. จากสารละลาย 0.500 M H_2SO_4

วิธีทำ จากสูตร $M_1V_1 = M_2V_2$

$$M_1 = 0.500 \text{ M.} \quad V_1 = ?$$

$$M_2 = 0.125 \text{ M.} \quad V_2 = 100 \text{ ml.}$$

$$0.500 \text{ M} \times V_1 = 0.125 \text{ M} \times 100 \text{ ml.}$$

$$V_1 = \frac{0.125 \text{ M} \times 100 \text{ ml}}{0.500 \text{ M}}$$

$$= 25.0 \text{ ml.}$$

คำตอบ คือ ตวงสารละลาย 0.500 M H_2SO_4 จำนวน 25.0 ml. ลงใน Volumetric flask แล้วเติมน้ำลงไปจนถึงขีดบอกระดับปริมาตร 100 ml.

ตัวอย่าง เมื่อนำเกลือ NaCl 1.8 กรัม ละลายในน้ำแล้วทำให้มีปริมาตรที่แน่นอน 200 ml. ถามว่าสารละลายนี้มีความเข้มข้นของ NaCl ร้อยละเท่าไร

วิธีทำ จาก % โดยน้ำหนัก/ปริมาตร = $\frac{\text{น้ำหนักของตัวละลาย}}{\text{ปริมาตรของตัวทำละลาย}} \times 100$

$$\begin{aligned} \% \text{ NaCl} &= \frac{1.8 \text{ g}}{200 \text{ ml.}} \times 100 \\ &= 0.90 \% \end{aligned}$$

ความเข้มข้น 0.90 % โดยน้ำหนัก/ปริมาตรของสารละลายโซเดียมคลอไรด์นี้ก็คือน้ำเกลือที่ให้ผู้ป่วยทางเส้นโลหิต เพื่อดำรงความเข้มข้นของเกลือภายในร่างกาย

4.3.2 ประเภทของสารประกอบอินทรีย์

ในสารละลายจำนวนมากที่มีส่วนประกอบประกอบที่เป็นสารประกอบอินทรีย์สามารถจำแนกออกได้เป็น 4 ประเภทใหญ่ๆ คือ กรด เบส เกลือ และ ออกไซด์

1) **กรด** (acid) คือ สารที่ให้ไฮโดรเจนอิออน (H^+) ในสารละลาย และทำปฏิกิริยากับเบส สมบัติของกรดคือมีรสเปรี้ยว (acid จากคำในภาษาละติน acidus หมายถึงรสเปรี้ยว) กรดเปลี่ยนสีของ

กรดอะซิติกจากสีน้ำเงินเป็นสีแดง ซึ่งเป็นวิธีใช้ทดสอบกรด กรดเมื่อละลายน้ำ ไฮโดรเจนอออนจะดึงดูดกับปลายขั้วลบของโมเลกุลของน้ำและเกิดเป็นอออนชนิดใหม่ คือ hydronium ion (H_3O^+)

กรดอนินทรีย์ที่สำคัญ คือ

กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid, HCl) เป็นกรดที่ในชีวิตประจำวันเราใช้ทำความสะอาดเครื่องสุขภัณฑ์, ผงซักฟอก และโลหะ นอกจากนี้ในกระเพาะอาหารคนเราก็มียกรดชนิดนี้สำหรับย่อยสลายโปรตีน

กรดไนตริก (nitric acid, HNO_3) เป็นกรดอนินทรีย์ที่มีความรุนแรงมาก กรดนี้เมื่อถูกผิวหนังจะเกิดปฏิกิริยากับโปรตีนของผิวหนังทำให้ผิวหนังมีสีเหลือง นอกจากนี้กรดไนตริกยังใช้ทดสอบโปรตีนอัลบูมิน(albumin) ในปัสสาวะ ในอุตสาหกรรมกรดไนตริกใช้ในการผลิตปุ๋ย, สีย้อม, พลาสติก และวัตถุระเบิด

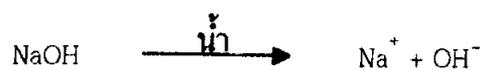
กรดซัลฟูริก (sulfuric acid, H_2SO_4) เป็นกรดที่ใช้มาก ในโรงงานอุตสาหกรรม ผลิตปุ๋ย, วัตถุระเบิด, กระจก, กาว, ผงซักฟอก และผลิตกรดชนิดอื่น ๆ กรดซัลฟูริกนี้ยังพบในแบตเตอรี่รถยนต์

กรดฟอสฟอริก (phosphoric acid, H_3PO_4) เป็นกรดอ่อนใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง ตั้งแต่ผสมอยู่ในเครื่องดื่มไปจนถึงใช้ผลิตปุ๋ย

กรดอะซิติก (acetic acid, CH_3COOH) กรดชนิดนี้เป็นกรดอินทรีย์ เป็นกรดอ่อน เป็นกรดในน้ำส้มสายชู น้ำส้มสายชูมาตรฐานไม่ควรมียกรดอะซิติกเกิน 4% กรดอะซิติกชนิดเข้มข้นใช้ในอุตสาหกรรมผลิตเส้นใยเทียม เช่น เซลลูโลสอะซิเตต (Cellulose acetate) นอกจากนี้ยังใช้ผลิตพลาสติกชนิดต่าง ๆ

กรดบอริก (boric acid, H_3BO_3) เป็นกรดอ่อน มักใช้เป็นยาฆ่าเชื้อและน้ำยาล้างตา อย่างไรก็ตามหากใช้ไม่ถูกต้องก็ก่อให้เกิดความเป็นพิษได้ เนื่องจากกรดนี้สามารถซึมผ่านเข้าร่างกายทางบาดแผล สำหรับเด็กและผู้ใหญ่ ถ้ารับประทานกรดนี้เข้าไปขนาด 5 - 20 กรัม อาจทำให้เสียชีวิตได้

2) เบส (bases) คือ สารที่ให้ไฮดรอกไซด์อออนในสารละลาย และทำปฏิกิริยากับกรด เบส มีรสฝาด เบสสามารถเปลี่ยนสีของกระดาษลิตมัสจากสีแดงเป็นสีน้ำเงิน สารประกอบเบสละลายน้ำจะได้ไฮดรอกไซด์อออน ตัวอย่างเช่นสารประกอบอออนิกโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ประกอบด้วย โซเดียมอออน (Na^+) และไฮดรอกไซด์ อออน (OH^-) เมื่อเติมสารนี้ลงในน้ำ ปลายขั้วลบ (ด้านออกซิเจน) ของน้ำจะดึงดูดกับโซเดียมอออนและปลายขั้วบวก(ด้านไฮโดรเจน) ของน้ำก็จะดึงดูดกับไฮดรอกไซด์อออน แรงดึงดูดทั้งสองที่เกิดขึ้นนี้ จะทำให้พันธะระหว่างโซเดียม อออนและไฮดรอกไซด์อออนแตกออก ได้ โซเดียมอออนและไฮดรอกไซด์อออนที่มีความอิสระ และเคลื่อนที่ไปทั่วสารละลาย ดังสมการ



สารประกอบพวกเบสหลายชนิดที่มีบทบาทในชีวิตประจำวันของคนเรา ตั้งแต่ใช้ภายในบ้านเรือน ในโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ในโรงงานผลิตยารักษาโรค สารประกอบเบสที่สำคัญคือ

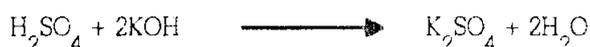
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide, NaOH) เป็นเบสใช้ทำสบู่, เยื่อ cellophane, น้ำยาทำความสะอาดท่อ เป็นต้น

แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (calcium hydroxide, Ca(OH)₂) ในสภาพสารละลายที่เรียกว่า น้ำปูนใส (limewater) บางครั้งใช้เป็นยาลดกรดได้ด้วย นอกจากนี้ยังใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง เช่น ใช้เป็นส่วนประกอบในการผลิต ซีเมนต์, พลาสเตอร์, กระจก เป็นต้น

แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (ammonium hydroxide, NH₄OH) เป็นเบสที่ได้จากการละลายของแก๊สแอมโมเนียในน้ำ สารนี้มีกลิ่นฉุน สารละลายเบสชนิดนี้ใช้ทำน้ำยาทำความสะอาดกระจก ในอุตสาหกรรมใช้ผลิตเส้นใยทอผ้า เช่น เรยอน (rayon) ผลิตพลาสติก และปุ๋ย

แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ (magnesium hydroxide, Mg(OH)₂) เป็นสารที่รู้จักกัน ชื่อ แป้งแมกนีเซีย (milk of magnesia) ที่ใช้เป็นยาลดกรดในกระเพาะ ถ้ารับประทานมากขนาด 2 - 4 กรัม จะออกฤทธิ์เป็นยาระบาย

3) **เกลือ** (salts) คือ สารที่เกิดจากการรวมตัวของไอออนประจุบวกของเบส และไอออนประจุลบของกรด หรือสารที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างกรดกับเบส เช่น



สารประกอบเกลือบางชนิด นับว่า มีความสำคัญต่อร่างกายมนุษย์อย่างมาก เช่น แคลเซียมฟอสเฟต เป็นส่วนประกอบหลักของกระดูกและฟัน เกลือของธาตุเหล็ก มีความสำคัญในการผลิตเฮโมโกลบิน (hemoglobin) ในเลือด เกลือโซเดียมและโพแทสเซียม ใช้ในการรักษาความสมดุลย์กรด-เบสในร่างกาย เกลือโซเดียมไอโอดด์ มีความสำคัญต่อการทำงานของต่อมไทรอยด์ เกลือบางชนิดยังมีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อ รวมทั้งหัวใจด้วย นอกจากนี้รักษาความสมดุลย์ของของเหลวภายในเซลล์ด้วย

4) **ออกไซด์** (oxide) คือ สารเกิดขึ้นจากการรวมตัวของธาตุต่าง ๆ กับออกซิเจน ในธรรมชาติ แหล่งแร่ของโลหะหลายชนิดมักอยู่ในรูปของออกไซด์ เช่น แร่ hematite (Fe₂O₃), magnetite (Fe₃O₄), Cuprite (Cu₂O) เป็นต้น

4.4 สารละลายของสารอิเล็กโทรไลต์ (Solutions of Electrolytes)

สารอิเล็กโทรไลต์ คือ ตัวละลายที่ละลายน้ำแล้ว ทำให้สารละลายนำไฟฟ้าได้ด้วยอย่างสารอิเล็กโทรไลต์ ได้แก่ กรด, เบส และเกลือ สำหรับสารที่ละลายแล้วไม่นำไฟฟ้าเรียก non-electrolyte เช่น น้ำตาลกลูโคส, แอลกอฮอล์ เป็นต้น สารละลายอิเล็กโทรไลต์สามารถนำไฟฟ้าได้ เนื่องจากสารพวกนี้เมื่อละลายน้ำจะเกิดการแตกตัว หรือเกิดไอออนไนซ์ (ionize) เป็นไอออนประจุบวกและไอออนประจุลบ ไอออนเหล่านี้สามารถเคลื่อนที่ได้อิสระทั่วสารละลายและเป็นตัวนำไฟฟ้าในขณะที่สารพวก non-electrolyte เช่น น้ำตาล, แอลกอฮอล์ จะแทรกผสมกับโมเลกุลของน้ำและไม่นำไฟฟ้า

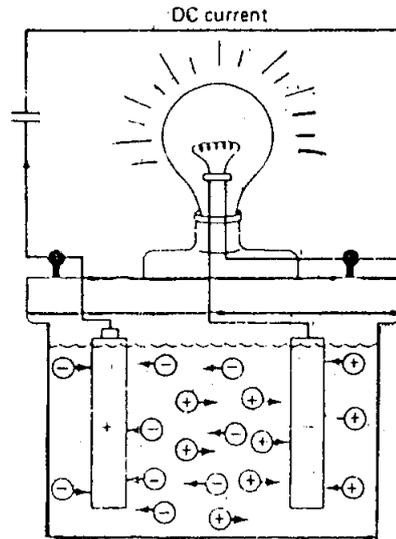
ตัวอย่าง การละลายของสาร electrolyte และ non-electrolyte ในน้ำ



4.4.1 สารอิเล็กโทรไลต์แก่ และสารอิเล็กโทรไลต์อ่อน (Strong and Weak Electrolytes)

เมื่อศึกษาสมบัติต่าง ๆ ของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ทำให้สามารถจำแนกสารอิเล็กโทรไลต์ออกได้ 2 ประเภท คือ สารอิเล็กโทรไลต์แก่ และสารอิเล็กโทรไลต์อ่อน สารอิเล็กโทรไลต์แก่ คือ สารที่สามารถเกิดการแตกตัวเป็นไอออนได้อย่างสมบูรณ์ในสารละลาย ตัวอย่างเช่น โซเดียมคลอไรด์ 1 โมล ในสารละลาย 1 ลิตร จะแตกตัวได้โซเดียมไอออน 1 โมล และคลอไรด์ไอออน 1 โมล โดยไม่พบว่ามีโมเลกุลของโซเดียมคลอไรด์อยู่ในสารละลายเลย สารละลายอิเล็กโทรไลต์แก่ นำไฟฟ้าได้ดี ดังจะเห็นจากรูปที่ 4.5 หลอดไฟจะมีความสว่างมาก สารอิเล็กโทรไลต์แก่ อาจเป็นกรด เบส หรือ เกลือ สำหรับกรดที่สามารถแตกตัวเป็นไอออนได้อย่างสมบูรณ์ในสารละลาย กรดชนิดนี้เรียกว่า กรดแก่ (strong acid) เช่น กรดไฮโดรคลอริก (HCl), กรดไนตริก (HNO₃) เป็นต้น

ส่วนเบสที่สามารถแตกตัวเป็นไอออนได้อย่างสมบูรณ์ในสารละลายเบสชนิดนี้เรียกเบสแก่ (strong base) เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH), โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) เป็นต้น



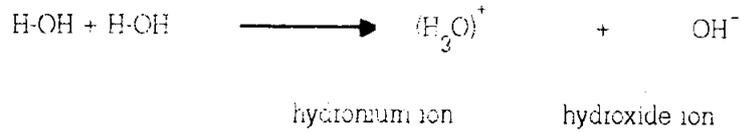
รูปที่ 4-5 การนำไฟฟ้าของสารละลายอิเล็กโทรไลต์

สารอิเล็กโทรไลต์อ่อน คือ สารที่สามารถเกิดแตกตัวได้ไม่สมบูรณ์ หรือแตกตัวได้เพียงบางส่วนในสารละลาย ดังตัวอย่าง กรดอะซิติก (CH_3COOH) 1 โมล ในสารละลาย 1 ลิตร จากการวิเคราะห์พบว่ากรดอะซิติกส่วนใหญ่ยังคงอยู่ในสภาพของโมเลกุล และมีเพียง 0.4 % เท่านั้นที่เกิดการแตกตัวได้ ไฮโดรเจนไอออน (H^+) และ อะซิเตตไอออน (CH_3COO^-) ดังสมการแสดงการแตกตัว ดังนี้



ลูกศรคู่ในสมการเป็นการบ่งบอกให้ทราบว่าสารละลายกรดอะซิติกนี้ อยู่ในสภาวะสมดุลระหว่างโมเลกุลของกรดอะซิติก, ไฮโดรเจนไอออนและอะซิเตตไอออน สารอิเล็กโทรไลต์อ่อนมีทั้งกรด เบส และเกลือ กรดที่เกิดแตกตัวได้ไม่สมบูรณ์เรียก กรดอ่อน (weak acid) เช่น กรดอะซิติก กรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) เป็นต้น สำหรับเบสที่แตกตัวได้ไม่สมบูรณ์เรียก เบสอ่อน (weak base) เช่น สารละลายแอมโมเนีย (NH_3) เป็นต้น สารละลายอิเล็กโทรไลต์อ่อนนำ ไฟฟ้าได้น้อย ดังนั้นถ้าใช้สารละลายชนิดนี้เป็นตัวนำไฟฟ้าหลอดไฟฟ้าใน รูป 4-5 แสงไฟจะริบหรี่ไม่สว่าง

นอกจากสารอิเล็กโทรไลต์ชนิดต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้ว น้ำก็จัดว่าเป็นสารอิเล็กโทรไลต์อ่อนชนิดหนึ่ง น้ำสามารถเกิดการแตกตัวเป็นไอออนได้เช่นกัน ดังสมการ



สูตรโมเลกุลของน้ำตัวแรกที่เขียนในลักษณะ H-OH นี้ เพื่อแสดงให้เห็นการแตกตัว และการเกิดไฮโดรเนียมไอออน และไฮดรอกไซด์ไอออน การแตกตัวของน้ำอาจเขียนได้เป็นแบบง่าย ๆ อีกอย่างคือ



จากการศึกษาการแตกตัวของน้ำพบว่า น้ำแตกตัวได้น้อยมาก กล่าวคือ น้ำ 1 ลิตร ซึ่งคิดเป็นจำนวนโมลแล้วเท่ากับ 55.6 โมลที่ 25°C มีเพียง 10^{-7} โมลเท่านั้น ที่แตกตัวเป็น H^+ และ OH^- ดังนั้นในน้ำ 1 ลิตรจะมี H^+ และ OH^- อยู่อย่างละ 10^{-7} โมลและเนื่องจากมีปริมาณ H^+ และ OH^- เท่ากัน น้ำบริสุทธิ์ จึงมีสมบัติเป็นกลางเมื่อมีการเติมกรด HCl ลงในน้ำกลั่น จะทำให้ปริมาณ H^+ เพิ่มขึ้น เนื่องจากกรดแก่แตกตัวได้ H^+ และ Cl^- ทำให้สารละลายมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ความเป็นกรดเพิ่มขึ้นเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของ H^+ ระดับความเป็นกรดมักกล่าวในค่าของ pH

4.4.2 มาตรฐาน pH (pH scale)

ในชีวิตประจำวัน เรามักจะได้ยินและเห็นคำว่า pH บ่อย ๆ เช่น ฝนกรดที่ตกในประเทศแถบยุโรป วัดค่า pH ได้ 4.8 น้ำส้มสายชูมาตรฐานมี pH 4.4 น้ำดื่มบริสุทธิ์ มีค่า pH 7 เป็นต้น ค่า pH นั้นใช้บ่งบอกระดับความแรงของกรด-เบสในสารละลาย ในรูปแบบค่าจำกัดความ pH คือ logarithm ของเศษส่วนของความเข้มข้นของ H^+ ในหน่วยโมลต่อลิตร ดังสมการ

$$\text{pH} = \log \frac{1}{[\text{H}^+]}$$

หรือ
$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

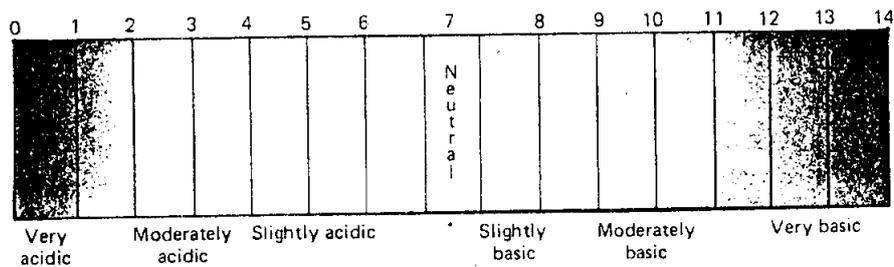
เครื่องหมาย [] แสดงความเข้มข้นของโมล/ลิตร สำหรับน้ำบริสุทธิ์ ซึ่งมีความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน และไฮดรอกไซด์ไอออน เท่ากับ 10^{-7} โมล/ลิตร ทำให้น้ำมีความเป็นกลาง ดังนั้น ค่า pH ของน้ำคำนวณได้ดังนี้

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log(10^{-7}) = 7 \text{ ที่ } 25^\circ\text{C}$$

ในน้ำบริสุทธิ์ผลคูณของความเข้มข้นไฮโดรเจนไอออนกับความเข้มข้นไฮดรอกไซด์ไอออน เท่ากับ 10^{-14} ค่านี้คือ ionization constant (K_w) ของน้ำ

$$[H^+][OH^-] = [10^{-7}][10^{-7}] = 10^{-14} = K_w$$

ถ้าสารละลายมีความเข้มข้นไฮโดรเจนไอออน $[H^+] = 10^{-5} M$ ความเข้มข้นไฮดรอกไซด์ไอออน $[OH^-]$ จะเท่ากับ 10^{-9} ในทำนองเดียวกันจากความเข้มข้นไฮดรอกไซด์ไอออน $[OH^-]$ ก็สามารถหาค่าความเข้มข้นไฮโดรเจน ไอออนได้เช่นกัน มาตรฐาน pH ของสารละลายมีค่าตั้งแต่ช่วง 0 ถึง 14 ดัง รูปที่ 4-6



รูปที่ 4-6 มาตรฐาน pH

สารละลาย pH 7 มีค่าเป็นกลาง สารละลายที่มี pH 0-2 มีความเป็นกรดมาก pH 2-5 มีความเป็นกรด ปานกลาง pH 5-7 มีความเป็นกรดน้อย สำหรับสารละลายที่มี pH 7-9 มีความเป็นเบสอ่อน pH 9-11 มีความเป็นเบสปานกลาง และ pH 11-14 จะมีความเป็นเบสมาก

ในการวัดหาค่า pH ของสารละลายสามารถหาได้หลายวิธี วิธีหนึ่งที่ยางก็คือ หยดสารละลาย pH อินดิเคเตอร์ (indicator) ลงในสารละลายและดูการเปลี่ยนแปลงของสี หรืออีกวิธีหนึ่ง คือ ใช้กระดาษ pH จุ่มในสารละลายและเปรียบเทียบกับสีบนกระดาษ กับแถบสีบนกล่องกระดาษที่กำหนดค่า pH ต่าง ๆ ไว้ วิธีสุดท้ายวัดโดยใช้เครื่องมือที่เรียก pH meter ซึ่งจะอ่านค่า pH ของสารละลายได้โดยตรง

ตัวอย่าง จงคำนวณหาค่า pH ของสารละลายดังต่อไปนี้และบอกระดับความแรงของความเป็นกรดและเบส

- ก) สารละลายที่มี $[H^+] = 10^{-3} M$ ข) สารละลายที่มี $[H^+] = 10^{-12} M$
 ค) สารละลายที่มี $[H^+] = 10^0 M$

วิธีทำ จาก $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$

ก) $\text{pH} = -\log[10^{-3}] = 3$, ความเป็นกรดปานกลาง

ข) $\text{pH} = -\log[10^{-12}] = 12$, ความเป็นเบสมาก

ค) $\text{pH} = -\log[10^{-0}] = 0$, ความเป็นกรดมาก

ตัวอย่าง จงหาค่า pH ของสารละลายต่อไปนี้

a) 0.001 M. HCl b) 0.01 M HNO_3 c) 0.0001 M NaOH

วิธีทำ a) สารละลาย 0.001 M. HCl แยกตัวให้ $[\text{H}^+] = 0.001 \text{ M}$ หรือ 10^{-3} M

$$\therefore \text{pH} = -\log[10^{-3}] = 3$$

b) สารละลาย 0.01 M HNO_3 แยกตัวให้ $[\text{H}^+] = 0.01 \text{ M}$ หรือ 10^{-2} M

$$\therefore \text{pH} = -\log[10^{-2}] = 2$$

c) สารละลาย 0.0001 M NaOH แยกตัวให้ $[\text{OH}^-] = 0.0001 \text{ M}$ หรือ 10^{-4} M ซึ่งคิดเป็น

$$[\text{H}^+] = 10^{-10} \text{ M}$$

$$\therefore \text{pH} = -\log[10^{-10}] = 10$$

ตัวอย่าง จงคำนวณหาค่า pH ของสารละลาย 0.1 M CH_3COOH ซึ่งมีความเข้มข้น $[\text{H}^+] = 1.3 \times 10^{-3} \text{ M}$

วิธีทำ จาก $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$

$$= -\log [1.3 \times 10^{-3}]$$

$$= \log 10^3 - \log 1.3 = 3 - 0.11$$

$$= 2.89$$

ตัวอย่าง จงหาค่า pH ของสารละลาย 0.0016 M NaOH

วิธีทำ จาก $[H^+][OH^-] = 10^{-14}$

$$[H^+] = \frac{10^{-14}}{[OH^-]} = \frac{10^{-14}}{1.6 \times 10^{-3}} = 6.25 \times 10^{-12}$$

$$pH = -\log [6.25 \times 10^{-12}]$$

$$= 12 - \log 6.25$$

$$= 12 - 0.8$$

$$= 11.2$$

ตัวอย่าง จากค่า pH ต่อไปนี้ ก) 4 ข) 3.6 จงคำนวณหา $[H^+]$

วิธีทำ จาก $pH = -\log [H^+]$

$$[H^+] = 10^{-pH}$$

$$ก) [H^+] = 10^{-pH} = 10^{-4}$$

$$ข) [H^+] = 10^{-pH} = 10^{-3.6} \\ = 10^{0.4 - 4} = 10^{0.4} \times 10^{-4}$$

จากตาราง antilog 0.4 = 2.5

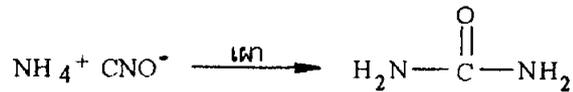
$$\therefore [H^+] = 2.5 \times 10^{-4}$$

4.5 สารอินทรีย์ (Organic substances)

ในระหว่างศตวรรษที่ 18 และต้นศตวรรษที่ 19 ได้มีความเชื่อในบรรดานักเคมีว่า สารประกอบเคมี จำแนกได้ 2 จำพวกที่แตกต่างกันคือ สารประกอบอินทรีย์ (Organic compounds) โดยเชื่อว่าเป็นสารที่มีในสิ่งมีชีวิตหรือผลิตภัณฑ์จากสิ่งมีชีวิต เช่น น้ำมันเชื้อเพลิง ถ่านหิน คาร์โบไฮเดรต โปรตีนและไขมันในอาหาร เป็นต้น สารอีกพวกหนึ่งคือ สารประกอบอนินทรีย์ (inorganic compounds) มีแหล่งมา

จากสิ่งที่ไม่มีชีวิต เช่น เกลือแกง ทองแดง ตะกั่ว เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบอีกว่า เมื่อนำสารประกอบอินทรีย์มาเผาจะเปลี่ยนเป็นสารประกอบอนินทรีย์ได้ แต่ในทำนองเดียวกันสารประกอบอนินทรีย์ไม่สามารถเปลี่ยนเป็นสารประกอบอินทรีย์ จากข้อมูลการทดลองต่างๆ ก็ได้ก่อให้เกิด ทฤษฎี vitalism ขึ้น ซึ่งกล่าวได้ว่า ในสิ่งมีชีวิตและสารที่เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตจะมี vital force อยู่ในสิ่งมีชีวิตและอยู่นอกเหนือจากการควบคุมของมนุษย์ ทำให้สารประกอบอินทรีย์ไม่สามารถสังเคราะห์จากสารประกอบอนินทรีย์

ในปี ค.ศ.1828 นักเคมีชาวเยอรมัน ชื่อ Friedrich Wohler เป็นคนแรกที่ได้สังเคราะห์สารอินทรีย์ คือ ยูเรีย (urea) จากสารอนินทรีย์ แอมโมเนียมไซยาเนต (ammonium cyanate) ยูเรียเป็นสารที่มีอยู่ในปัสสาวะ ซึ่งมาจากสิ่งมีชีวิต จากผลงานอันนี้ได้พิสูจน์ว่า ทฤษฎี vitalism ไม่ถูกต้อง



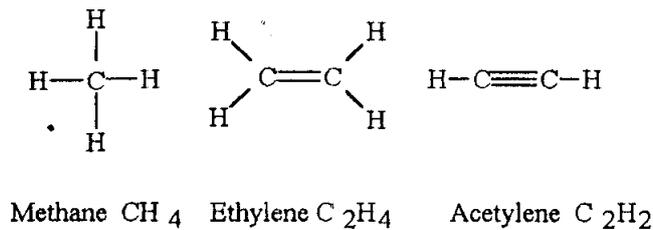
ในปัจจุบันแต่ละวันมีการสังเคราะห์สารประกอบอินทรีย์จำนวนมากภายในห้องทดลอง ในโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อผลิตสิ่งต่าง ๆ เช่น ยารักษาโรค อาหาร เสื้อผ้า พลาสติก สีย้อม เป็นต้น สารประกอบอินทรีย์จัดได้ว่าเป็นสารประกอบของธาตุคาร์บอนที่รวมอยู่ธาตุอื่น ๆ เช่น ไฮโดรเจน, ออกซิเจน, ไนโตรเจน, ซัลเฟอร์ และธาตุในหมู่ 7A คือ ฟลูออรีน, คลอรีน, โบรมีน และไอโอดีน เป็นต้น อย่างไรก็ตาม สารประกอบที่มีคาร์บอนไม่จำเป็นจะต้องเป็นสารประกอบอินทรีย์เสมอ ตัวอย่างสารประกอบคาร์บอนเนต เช่น Na_2CO_3 , CaCO_3 หรือ สารประกอบออกไซด์ของคาร์บอน เช่น CO_2 , CO ซึ่งสารเหล่านี้จัดเป็นสารประกอบอนินทรีย์ จากโครงสร้างอะตอมของคาร์บอนที่มีอิเล็กตรอนวงนอก 4 ตัว ซึ่งจะไปใช้เกิดพันธะโควาเลนต์กับอะตอมธาตุอื่น ๆ หรือกับอะตอมคาร์บอนเองในลักษณะที่เป็นโซ่ยาว, เป็นวง, เป็นเกลียว หรือเชื่อมโยงเป็นโครงสร้างคล้ายลูกฟุตบอล ซึ่งมีจำนวนคาร์บอนมากถึง 60 อะตอม ในขณะที่สารประกอบอนินทรีย์ส่วนใหญ่จะเกิดพันธะไอออนิก ในสารประกอบอินทรีย์สมบัติต่างๆของสารมีความสัมพันธ์กับปัจจัย 3 ประการ คือ

1) จำนวนอะตอมคาร์บอนในโมเลกุล

สารประกอบอินทรีย์สามารถมีจำนวนอะตอมของคาร์บอนในโมเลกุลแตกต่างกัน โมเลกุลสามัญบางชนิดมีอะตอมคาร์บอนมากถึง 60 อะตอม บางโมเลกุลที่ซับซ้อน เช่น แป้งและ ยาง ประกอบด้วยกลุ่มของอะตอมคาร์บอน ต่อกันเป็นโซ่ยาว โดยทั่วไปแล้วการเพิ่มขึ้นของจำนวนอะตอมคาร์บอน จะเป็นผลทำให้สารประกอบมีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดมีแนวโน้มสูงขึ้นและความว่องไวต่อปฏิกิริยาลดลง

2) ชนิดของพันธะในสารประกอบ

การเกิดพันธะเดี่ยว, พันธะคู่และพันธะสาม ระหว่างอะตอมของคาร์บอนเกิดจากการที่อะตอม 2 อะตอมนำเอาจำนวนอิเล็กตรอนมาแชร์กัน 1 คู่, 2 คู่ และ 3 คู่ ตามลำดับ ดังตัวอย่าง



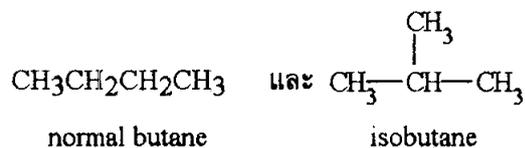
โดยทั่วไปสารประกอบที่มีพันธะสาม จะมีความไวต่อปฏิกิริยามากกว่าสารประกอบที่มีพันธะคู่ และพันธะเดี่ยว นอกจากนี้สารประกอบที่มีพันธะสามจะกลายเป็นไอได้ดีกว่าสารประกอบที่มีพันธะคู่และพันธะเดี่ยว

3) ชนิดของหมู่ฟังก์ชันัลในโมเลกุล

สารประกอบอินทรีย์ต่าง ๆ มีจำนวนมากมาย แต่เมื่อนำมาจัดหมวดหมู่ตามความคล้ายคลึงกัน ของสมบัติเคมีจะได้เพียงไม่กี่ประเภท การรวบรวมสารเข้าเป็นหมวดหมู่ที่จัดตาม หมู่ฟังก์ชันัล (functional group) หมู่ฟังก์ชันัล คือ อะตอม หรือหมู่ของอะตอมที่มีอยู่ในโมเลกุลซึ่งทำให้โมเลกุลนั้น ๆ มีปฏิกิริยาเคมีเฉพาะตัว ดังนั้นแทนที่จะต้องศึกษาสมบัติเคมีของสารประกอบอินทรีย์นับล้านตัว ก็ศึกษาสมบัติเคมีของหมู่ฟังก์ชันัลเท่านั้น ซึ่งมีทั้งหมด 11 หมู่ ดัง ตาราง 4-4

การที่อะตอมของคาร์บอนสามารถเกิดพันธะกับอะตอมอื่น ๆ ก่อให้เกิดสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ จำนวนมากมาย สารประกอบเหล่านี้จะมีสูตรโมเลกุลและสูตรโครงสร้างเฉพาะตัว อย่างไรก็ตามยังมีสารอินทรีย์จำนวนมากที่มีสูตรโมเลกุลแบบเดียวกัน แต่มีโครงสร้าง สมบัติกายภาพ และสมบัติเคมีแตกต่างกัน สารอินทรีย์ที่มีลักษณะดังกล่าวเรียกว่ามี structure isomers

ตัวอย่างเช่น สารประกอบอินทรีย์ที่มีสูตรโมเลกุล C_4H_{10} มี 2 โครงสร้างคือ

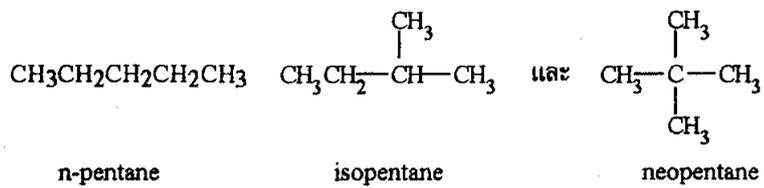


ตารางที่ 4-4 หมู่ฟังก์ชันัลที่พบในสารประกอบอินทรีย์

หมู่ฟังก์ชันัล	ประเภทสาร	สูตร	คำลงท้าย	ตัวอย่าง
X = F, Cl, Br, I	แฮไลด์	R-X		CH ₃ -Cl
-OH	แอลกอฮอล์	R-OH	-อล	CH ₃ -OH
-O-	อีเทอร์	R-O-R		CH ₃ -O-CH ₃
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{-C-H} \end{array}$	อัลดีไฮด์	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R-C-H} \end{array}$	-ล	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3\text{-C-H} \end{array}$
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{-C-R} \end{array}$	คีโตน	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R-C-R} \end{array}$	-โน	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3\text{-C-CH}_3 \end{array}$
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{-C-OH} \end{array}$	กรด	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R-C-OH} \end{array}$	กรด - โ - อิก	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3\text{-C-OH} \end{array}$
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{-C-O} \end{array}$	เอสเทอร์	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R-C-OR} \end{array}$	- โ - เอต	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3\text{-C-OCH}_3 \end{array}$
-NH ₂ , -NH-, -N-	เอมีน	R-NH ₂ , R ₂ NH, R ₃ N		CH ₃ -NH ₂
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{-C-NH}_2 \end{array}$	เอไมด์	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R-C-NH}_2 \end{array}$	-าไมด์	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3\text{-C-NH}_2 \end{array}$
C=C	อัลคีน	R ₂ C=CR ₂	-ีน	CH ₃ -C=CCH ₃
C≡C	อัลไคน์	RC≡CR	-ไน์	CH ₃ -C≡C-CH ₃

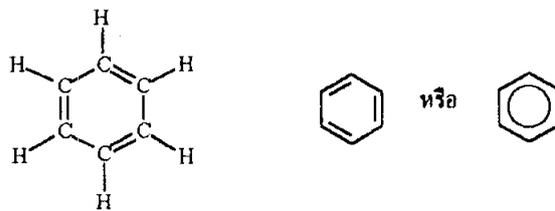
R คือ หมู่อัลคิล (alkyl) อาจเป็น H ได้

อีกตัวอย่างคือ C₅H₁₂ มี 3 isomer คือ

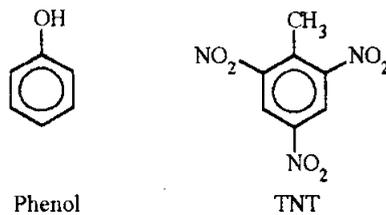


จะเห็นได้ว่าสารประกอบอินทรีย์ที่มีอะตอมของคาร์บอนเพิ่มมากขึ้นก็จะมีไอโซเมอร์จำนวนมาก เช่น decane ($C_{10}H_{22}$) มีถึง 75 ไอโซเมอร์ เนื่องจากสารประกอบอินทรีย์มีจำนวนมากนับล้านๆ สาร และการสังเคราะห์สารใหม่ๆ ขึ้นอีกมากมาย ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดหลักเกณฑ์เพื่อให้การเรียกชื่อสารเคมี เป็นระบบเดียวกัน ซึ่งกำหนดโดย International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) เรียกว่า ระบบ IUPAC สารประกอบอินทรีย์อาจแบ่งออกอย่างกว้างๆ ได้ 2 พวก คืออะโรมาติก (Aromatic) และ อะลิฟาติก (Aliphatic)

สารประกอบอะโรมาติก เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่โครงสร้างโมเลกุลประกอบด้วยวงเบนซีน (benzene ring, C_6H_6) 1 วง หรือมากกว่า 1 วง สูตรโครงสร้างของเบนซีน คือ



ไฮโดรเจนอะตอมโมเลกุล สามารถถูกแทนที่ด้วยอะตอมหรือกลุ่มอะตอมเช่น $-Cl$, $-OH$, $-CH_3$, $-NO_2$ ทำให้เกิดสารประกอบอะโรมาติกชนิดต่าง ๆ จำนวนมากมายตัวอย่าง เช่น ฟีนอล (phenol), ไตรไนโตรโทลูอีน (trinitrotoluene, TNT) เป็นต้น

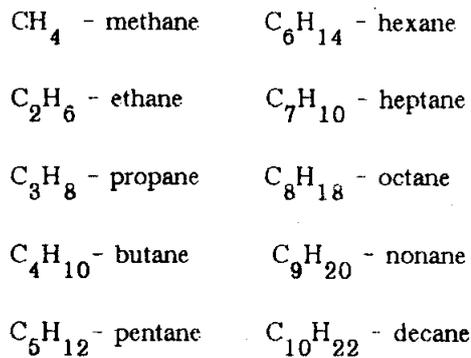


สารประกอบอะลิฟาติกเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่ไม่มีวงเบนซีน โครงสร้างส่วนใหญ่อะตอมของ คาร์บอนจะต่อกันเป็นโซ่ยาว เป็นเกลียว เป็นกิ่งสาขา หรือเป็นวง สารประกอบที่มีคาร์บอนอะตอมเรียง เป็นวงนี้เรียก อะลิไซคลิก ซึ่งแตกต่างกับวงเบนซีน

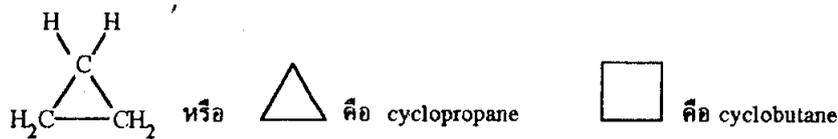
4.5.1 สารประกอบไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon compounds)

สารประกอบไฮโดรคาร์บอน เป็นสารอินทรีย์ที่สามัญที่สุด ประกอบด้วยอะตอมของคาร์บอนและไฮโดรเจน สามารถแบ่งออกได้ 2 ชนิดคือ สารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดอิ่มตัว (Saturated hydrocarbons) และสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดไม่อิ่มตัว (Unsaturated hydrocarbons)

1) สารประกอบไฮโดรคาร์บอนแบบอิ่มตัว สารประกอบนี้ส่วนมากเกิดขึ้นเองในธรรมชาติ แหล่งที่พบมากอยู่ในน้ำมันปิโตรเลียม ในแก๊สธรรมชาติ สารประกอบประเภทนี้จัดอยู่ในประเภทอัลเคน (alkane) ซึ่งมีทั้งแบบโซ่ยาว, แบบกิ่งสาขา และแบบเป็นวง พันธะระหว่างอะตอมคาร์บอนเป็นพันธะเดี่ยว สารอินทรีย์พวกอัลเคน มีสูตรทั่วไป คือ $C_n H_{2n+2}$ เช่น

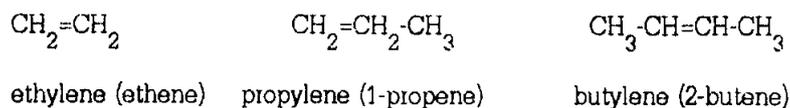


โครงสร้างแบบเป็นวง เช่น

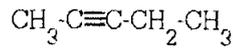
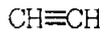


2) สารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดไม่อิ่มตัว เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีพันธะคู่และพันธะสาม ซึ่งแบ่งออกเป็นพวกอัลคีน (alkene) และพวกอัลไคน์ (alkyne)

อัลคีน เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีพันธะคู่ มีสูตรทั่วไป คือ $C_n H_{2n}$ การเรียกชื่อเหมือนกับพวกอัลเคนแต่จะลงท้ายด้วย 'ene' แทน 'ane' และจะบอกตำแหน่งของพันธะคู่ในการเรียกชื่อสารด้วย เช่น



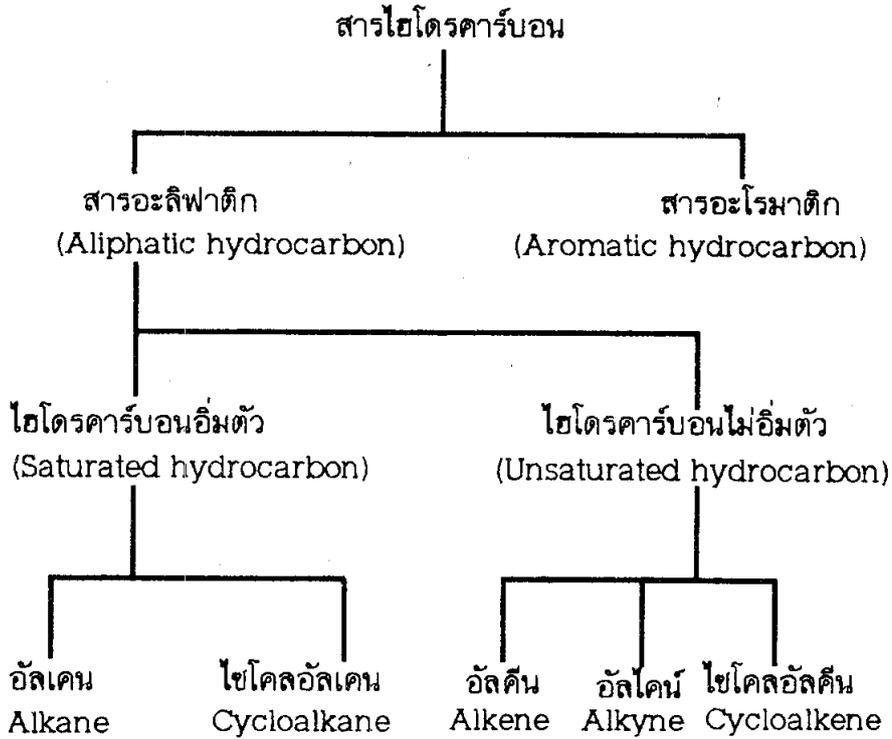
อัลไคน์ เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีพันธะสาม มีสูตรทั่วไปคือ $C_n H_{2n-2}$ การเรียกชื่อจะลงท้าย 'yne' สารประกอบตัวแรกคือ acetylene หรือ ethyne



acetylene(ethyne)

2-pentyne

สารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดไม่อิ่มตัว ปฏิกริยาเคมีจะเกิดที่ตำแหน่งพันธะคู่และพันธะสาม จากโครงสร้างและสมบัติของสาร เราสามารถจำแนกสารประกอบไฮโดรคาร์บอนได้ดังแผนภูมิต่อไปนี้



สารประกอบอินทรีย์พื้นฐานที่ใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อสังเคราะห์สารประกอบอินทรีย์เฉพาะอย่างชนิดต่าง ๆ ได้มาจากแหล่งสำคัญ ๆ 3 แหล่ง คือ

1) น้ำมันถ่านหิน (Coaltar) ถ่านหินเมื่อนำมาเผาถ่านในที่ ๆ ไม่มีอากาศจะได้ผลิตภัณฑ์คือถ่านโค้ก และสารระเหยจากถ่านหินที่กลั่นออกมา มีลักษณะเป็นน้ำมันดินสีดำเรียก coaltar ซึ่งเป็นแหล่งใหญ่ของสารไฮโดรคาร์บอนพวกอะโรมาติก

2) ปิโตรเลียมและแก๊สธรรมชาติ (Petroleum and natural gas) เป็นแหล่งกำเนิดของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนพวกอะลิฟาติกที่ได้จากการนำน้ำมันดิบปิโตรเลียมมากลั่นลำดับส่วน (fractional distillation) สารประกอบไฮโดรคาร์บอนส่วนใหญ่ที่กลั่นออกมาจะเป็นของเหลว สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีโมเลกุลเล็ก ๆ จะแยกออกในรูปของแก๊ส ส่วนพวกที่มีน้ำหนักโมเลกุลมาก ๆ เช่น กากเหลือจากการกลั่นจะเป็นของแข็ง

3) พีช พีชเป็นแหล่งกำเนิดของสารประกอบพวกคาร์โบไฮเดรต เช่น น้ำตาล, แป้ง และ เซลลูโลส นอกจากนี้ยังมีแหล่งกำเนิดของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนเฉพาะอย่าง เช่น ยางธรรมชาติ, น้ำมันสน เป็นต้น

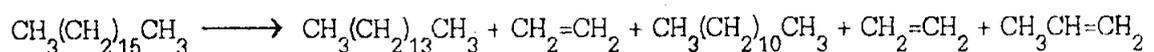
อุตสาหกรรมปิโตรเลียม

ในน้ำมันดิบ ปิโตรเลียมเป็นแหล่งกำเนิดของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดต่าง ๆ จำนวนมาก ซึ่งจะเป็นวัตถุดิบนำไปสังเคราะห์สารเคมีต่าง ๆ ในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ในการแยกสารประกอบไฮโดรคาร์บอนออกจากร้ำมันดิบ สามารถทำได้ 2 วิธี คือ 1) Refining และ 2) Cracking

Refining คือ การแยกสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ออกจากน้ำมันดิบ โดยวิธีการกลั่นลำดับส่วน โดยเก็บส่วนต่าง ๆ ที่กลั่นได้ ณ ที่จุดเดือดต่าง ๆ ของสาร ในขั้นแรกน้ำมันจะถูกกลั่นแยก ณ ที่ความดันบรรยากาศเพื่อแยกส่วนต่าง ๆ ตามจุดเดือดของสารจนถึงอุณหภูมิประมาณ 340 °C จากนั้นส่วนที่เหลือนำมากลั่นต่อไป ณ ที่ความดันต่ำลงมา สารประกอบไฮโดรคาร์บอนส่วนต่าง ๆ ที่กลั่นได้ และประโยชน์ได้แสดงใน ตารางที่ 4-5

เนื่องจากความต้องการใช้ผลิตภัณฑ์จากการกลั่นน้ำมันดิบ มีความมากมายแตกต่างกัน เช่น น้ำมันแก๊สโซลีน มีความต้องการใช้จำนวนมาก ด้วยเหตุนี้บางส่วนของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ที่มีจุดเดือดสูง หรือมีจำนวนคาร์บอน-อะตอมมาก จะถูกนำมา Cracking

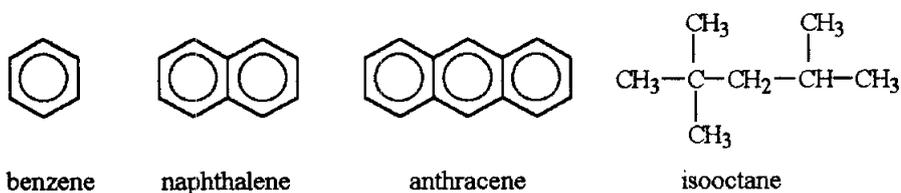
Cracking คือกระบวนการเปลี่ยนสารประกอบไฮโดรคาร์บอนพวกอัลเคนชนิดโมเลกุลใหญ่ ให้เป็นอัลเคนที่มีโมเลกุลเล็ก ซึ่งสามารถทำได้ 2 วิธีคือ thermal cracking (โดยใช้ความร้อน) และวิธี catalytic cracking (ใช้อุณหภูมิที่ต่ำกว่า, มี silica-alumina เป็น แคตตาลิส) ภายหลังจากการ cracking แล้วจะได้อัลเคนที่มีโซ่สั้นลง และได้พวกอัลคีนด้วย โดยเฉพาะ ethylene และ propylene เป็นผลิตภัณฑ์ สารทั้งสองนี้นำไปผลิตพลาสติก เช่น polyethylene (P.E), polypropylene (P.P.) นอกจากนี้ยังได้แก๊สไฮโดรเจนเป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นประโยชน์ใช้ผลิตแก๊สแอมโมเนีย (NH₃) ใช้เป็นวัตถุดิบผลิตปุ๋ยได้ ตัวอย่าง เช่น



ตารางที่ 4-5 แสดงผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมจากการกลั่นลำดับส่วน

ผลิตภัณฑ์	จุดเดือด C°	จำนวนคาร์บอน	ประโยชน์
แก๊ส LPG	< 40	1 - 4	เชื้อเพลิง, แก๊สหุงต้ม
ปิโตรเลียมอีเทอร์	30 - 100	5 - 7	เป็นตัวทำละลาย (solvent)
แก๊สโซลีน (เบนซิน)	40 - 80	5 - 10	น้ำมันรถยนต์
น้ำมันก๊าด	180 - 250	11 - 12	น้ำมันเครื่องบินไอพ่น, จุดตะเกียง
น้ำมันดีเซล	250 - 350	13 - 14	ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลรถยนต์, เรือ (ดีเซลหมุนเร็ว คือโซล่า, หมุนช้า คือ ซีโล)
น้ำมันเตา	250 - 350	15 - 17	ใช้ในโรงไฟฟ้า, โรงงานอุตสาหกรรม
น้ำมันหล่อลื่น	305 - 405	18 - 25	
จารบี	405 - 515	18 - 22	ใช้หล่อลื่น
ไซพาราฟิน	405 - 515	26 - 38	วาสลีน, ทำเทียนไข
แอสฟัลต์	405 - 515	38 -	ลาดถนน

กรรมวิธีที่ตรงข้ามกับ Cracking คือ Polymerization ในกระบวนการนี้โมเลกุลที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมน้อยกว่าที่มีในแก๊สโซลีนถูกนำมาทำปฏิกิริยากันในสภาวะและมีตัวเร่งที่เหมาะสม โมเลกุลเล็กๆจะเชื่อมต่อกันจนมีโมเลกุลที่ใหญ่ขึ้นในช่วงของน้ำมันแก๊สโซลีน นอกจากนี้การเลือกใช้กระบวนการอื่น ๆ ที่เหมาะสมสามารถผลิตสารประกอบพวกอะโรมาติกจากน้ำมันได้ด้วย เช่น benzene, naphthalene ($C_{10}H_8$), anthracene ($C_{14}H_{10}$)

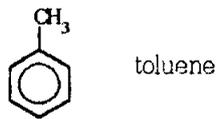


Octane (C_8H_{18}) สารประกอบไฮโดรคาร์บอนนี้มี 18 ไอโซเมอร์ isooctane เป็นไอโซเมอร์ตัวหนึ่ง สารนี้ถือเป็นสารอ้างอิงเพื่อบอกปริมาณออกเทนในน้ำมันแก๊สโซลีน ออกเทนในน้ำมันของแก๊สโซลีน คือปริมาณร้อยละ (%) ของ isooctane ที่เติมลงใน n-heptane (C_7H_{16}) และนำไปทดสอบ

กับเครื่องยนต์มาตรฐานเช่นเดียวกับน้ำมันที่ใช้ทดสอบ isooctane บริสุทธิ์จัดว่ามีออกเทนนิ่มเบอร์ เท่ากับ 100 น้ำมันที่มีออกเทนสูงจะอยู่ในช่วงระหว่าง 90-98 สำหรับน้ำมันเครื่องบิน (aviation gasoline) มีออกเทนนิ่มเบอร์สูงกว่า 100 คือให้ผลในการทดสอบในเครื่องยนต์มาตรฐานดีกว่า isooctane บริสุทธิ์

ตั้งแต่ปี ค.ศ.1922 เป็นต้นมา มีการเติมสารปรุงแต่งลงในน้ำมันออกเทนสูง เพื่อช่วยในการเผาไหม้ สารที่เติมคือ tetraethyl lead $[(C_2H_5)_4Pb]$ สารนี้จะช่วยป้องกันการน็อกของเครื่องยนต์ (ซึ่งเป็นภาวะที่เกิดขึ้นเมื่อน้ำมันถูกเผาไหม้ต่อเนื่องเป็นเวลายาวนานในเครื่องยนต์) การเผาไหม้ของ tetraethyl lead เป็นเหตุให้เกิดโลหะตะกั่วไปเกาะตามหัวเทียน, ตามกระบอกสูบของเครื่องยนต์ ดังนั้นเพื่อขจัดโลหะตะกั่วออกจากเครื่องยนต์ จึงมีการเติมสาร ethylene dibromide $(C_2H_4Br_2)$ ผสมลงในน้ำมัน และขจัดตะกั่วออกมาในรูปของสารระเหย lead bromide $(PbBr_2)$ ออกมาทางท่อไอเสียของรถยนต์ ทำให้สารตะกั่วเป็นมลพิษในอากาศ

ในปี ค.ศ.1975 ในประเทศสหรัฐอเมริกา ได้มีมาตรการป้องกันมลพิษจากตะกั่วในอากาศ โดยผลิตอุปกรณ์ที่เรียกว่า catalytic converter ติดตั้งที่ระบบของท่อไอเสีย ปัจจุบันได้มีการพัฒนาน้ำมันรถยนต์มาเป็นน้ำมันไร้สารตะกั่ว (unleaded gasoline, ULG) ที่มีออกเทนสูงโดยใช้สารปรุงแต่งพวกเบนซีนและโทลูอีน แทน tetraethyl lead พร้อมกับปรับอัตราส่วนของไฮโดรคาร์บอนชนิดโซ่สาขาคู่ชนิดโซ่ยาวในน้ำมันให้สูงขึ้น



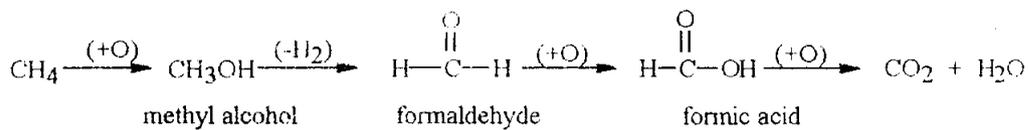
การเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นปฏิกิริยาเคมีของคาร์บอนในรูปของปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับการสูญเสียอิเล็กตรอน ซึ่งบางครั้งมักจะเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาการรวมตัวกับออกซิเจน ปฏิกิริยาเหล่านี้จะให้พลังงานออกมา จึงมักใช้เป็นแหล่งกำเนิดของความร้อนและแสง เช่นการเผาไหม้ของไม้, น้ำมันเชื้อเพลิง ปฏิกิริยาเคมีอีกชนิดหนึ่งที่ตรงกันข้ามคือ ปฏิกิริยารีดักชัน (reduction reaction) ซึ่งเกี่ยวข้องกับอะตอม หรือสารประกอบรับอิเล็กตรอนเพิ่มเข้ามา บางครั้งมีการรวมตัวกับอะตอมไฮโดรเจน ปฏิกิริยารีดักชันของคาร์บอนต้องการพลังงาน ตัวอย่างเช่น แสงอาทิตย์ให้พลังงานใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง และรีดิวซ์คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำผลิตเป็นคาร์โบไฮเดรต (สารประกอบที่มี C, H และ O เช่น กลูโคส $C_6H_{12}O_6$)

การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากน้ำมัน ไม้ และมวลชีวภาพจะปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศ แต่ถ้ามีการปลูกต้นไม้ทดแทนไม้ที่ใช้เผาก็จะไม่เป็นการเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ สำหรับเชื้อเพลิงถ่านหินเป็นของผสม ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ซับซ้อน มีปริมาณคาร์บอนสูง สูงกว่าที่มี

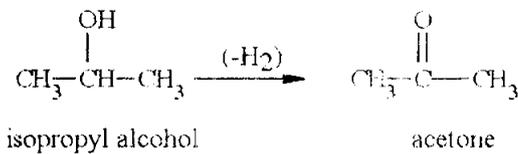
อยู่ในน้ำมันและในแก๊สธรรมชาติ ดังนั้นการเผาไหม้ของถ่านหินจึงก่อให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณที่มาก และให้พลังงานที่สูงกว่าการเผาไหม้น้ำมันและแก๊สธรรมชาติ

ผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation Products)

สารประกอบไฮโดรคาร์บอน เป็นสารที่ลุกไหม้ที่ดีเมื่อนำมาเผาโดยเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันอย่างรวดเร็วกับออกซิเจนได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ อย่างไรก็ตามถ้าสามารถควบคุมปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนให้เป็นไปตามต้องการ ก็จะได้สารประกอบต่าง ๆ เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการของปฏิกิริยาออกซิเดชัน ดังตัวอย่าง ปฏิกิริยาออกซิเดชัน สารประกอบไฮโดรคาร์บอนมีเทน จะได้ผลิตภัณฑ์เมทิลแอลกอฮอล์ ฟอร์มัลดีไฮด์, และกรดฟอร์มิก ขึ้นตามลำดับ ดังสมการ



แอลกอฮอล์บางชนิด เช่น isopropyl alcohol เมื่อถูกออกซิไดส์ จะได้สารประกอบที่เรียกว่า คีโตน (ketone) สารประกอบคีโตนไม่สามารถเกิดออกซิไดส์ต่อไปเพื่อเป็นกรด แต่เผาไหม้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ดังสมการ

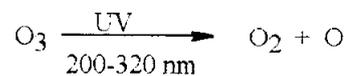
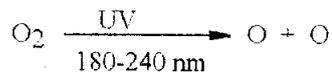


4.5.2 Halogen - substituted hydrocarbons : R-X (X = F, Cl, Br, I)

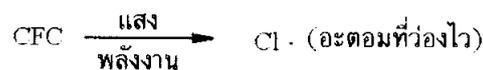
สารประกอบนี้มีโครงสร้างที่เกิดจากไฮโดรเจนอะตอมของพวกอัลเคนถูกแทนที่ด้วยอะตอมของฮาโลเจน (ธาตุ F Cl Br I) สารประกอบนี้เรียกว่า halogen alkane (haloalkane) หรือ alkyl halide มีสูตรทั่วไปคือ R-X สารประกอบ Chloro alkane ใช้ประโยชน์เป็นตัวทำละลายที่ดี เช่น chloroform (CHCl₃ หรือ trichloromethane), carbon tetrachloride (CCl₄ หรือ tetrachloromethane) และ dichloro ethane เป็นต้น สารดังกล่าวนี้มีความเป็นพิษ ถ้าหากสูดหายใจเข้าไปสะสมในร่างกายเป็นเวลายาวนาน ยาฆ่าแมลงหลายชนิดก็เป็นสารประกอบจำพวกนี้ เช่น ดีดีที เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารอินทรีย์อื่น ๆ สารประกอบ Fluoroalkane เช่นพวก chloro fluoro carbon (CFCs) ชนิดต่าง ๆ ที่ใช้เป็นสารขับเคลื่อน (propellant) ในกระป๋องสเปรย์ สารนำความเย็นในตู้เย็นและเครื่องปรับอากาศ สารเหล่านี้มีชื่อการค้าว่า ฟรีออน (freon) เช่น dichloro difluoro methane (Cl₂CF₂, freon-12), trichloro

fluoro methane (Cl_3CF , freon-11) เป็นต้น สาร CFCs เป็นสารเฉื่อย มีความเสถียรมาก ที่ระดับน้ำทะเล สารบางตัวสามารถอยู่ได้นานนับร้อยปี เมื่อถูกลมพัดพาไปยังบรรยากาศเบื้องบนระดับความสูง 25 - 35 กิโลเมตร คือระดับสตราโตสเฟียร์ (Stratosphere) ที่ระดับนี้จะมีแก๊สโอโซน (O_3) อยู่อย่างหนาแน่นและอยู่ในสภาวะสมดุลกับแก๊สออกซิเจนชั้นโอโซนนี้จะกันและกรองรังสีอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet, UV) ที่มีความยาวช่วงคลื่นสั้น ($200\text{-}320\text{ nm}$, $1\text{nm}=10^{-9}$ เมตร) ไว้ไม่ให้เข้ามายังพื้นโลก ซึ่งเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต สาร CFCs ที่ถูกพัดไปอยู่ในบรรยากาศชั้นนี้ เมื่อได้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์ทำให้เกิดการแตกตัวได้คลอรีนอะตอม (Cl) ที่ว่องไวต่อปฏิกิริยามาก ซึ่งจะเข้าทำปฏิกิริยากับ โอโซน และ ทำลายสมดุลของโอโซนและออกซิเจน เป็นเหตุให้เกิดช่องว่างในชั้นโอโซน (Ozone hole) ขึ้น ทำให้รังสี UV เล็ดลอดเข้ามาผิวโลกมากขึ้นและเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ปัจจุบันพบว่ามีช่องว่างโอโซนเกิดขึ้นที่แถบขั้วโลกเหนือและใต้ นอกจากนี้ยังพบว่าประชากรประเทศชิลีมีอัตราการเป็นมะเร็งผิวหนังสูงขึ้น ปฏิกิริยาของสาร CFCs ที่ทำลายโอโซนที่อยู่ในสมดุลกับออกซิเจนในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ แสดงให้เห็นได้จากปฏิกิริยาดังนี้.

1.) สมดุลย์ของโอโซน และออกซิเจน



2.) สาร CFCs ทำลายโอโซน



คลอรีนอะตอมจากสาร CFCs จะทำหน้าที่เสมือนตัวเร่งปฏิกิริยาการทำลายโอโซน นอกจากนี้ยังมีแก๊สอื่น ๆ ที่เป็นตัวเร่งการทำลายโอโซนอีก เช่น ออกไซด์ ของไนโตรเจน ที่เกิดจากระบบการขนส่งทาง

อากาศที่เรียก supersonic transport การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงทำให้เกิดไนตริกออกไซด์ (NO) ซึ่งเป็นแก๊ส
 เร่งปฏิกิริยาการทำลายโอโซนเช่นกัน ดังปฏิกิริยา



ปัจจุบันประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกได้ประชุมลงมติให้ผลิตสาร CFCs นี้น้อยลงและเลิกผลิตอย่าง
 เต็มขาดในปี ค.ศ.. 2000 และให้วิจัยหาสารที่ปลอดภัยกว่ามาทดแทน

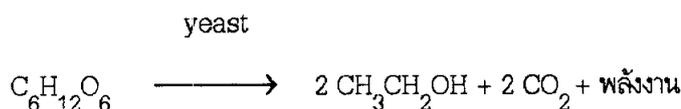
4.5.3 แอลกอฮอล์ (Alcohol : OH-function groups)

แอลกอฮอล์มีสูตรทั่วไปคือ R-OH มี -OH เป็นหมู่ฟังก์ชันนัล R มักจะเป็นโซ่ของอะตอม
 คาร์บอน แอลกอฮอล์ที่มีโซ่ของคาร์บอนเพียง 2-3 อะตอม จะมีแนวโน้มเป็นโพลาร์ (polar) เนื่องจากมี
 ความเป็นขั้ว (polarity) ของ หมู่ -OH ทำให้แอลกอฮอล์ชนิดนี้ละลายในตัวละลายที่เป็นโพลาร์ เช่น น้ำ
 ตัวอย่าง การละลายน้ำของ เอทานอล (C₂H₅OH) สำหรับ R ที่มีอะตอมคาร์บอนเป็นโซ่ยาว ความเป็นขั้ว
 ของหมู่ -OH จะลดลง ทำให้แอลกอฮอล์ชนิดนั้นเป็น nonpolar และละลายได้ดีในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว
 (nonpolar) เช่น เบนซีน, คาร์บอนเตตระคลอไรด์ ดังตัวอย่าง เฮกซานอล (hexanol,
 CH₃CH₂CH₂CH₂CH₂CH₂-OH) ละลายได้ดีในเบนซีน

แอลกอฮอล์ที่สำคัญบางชนิดและประโยชน์

Methanol (CH₃-OH) หรือมีชื่อทั่วไปว่าเมทิล แอลกอฮอล์ เป็นแอลกอฮอล์ที่กลั่นมาจากไม้ มี
 ความเป็นพิษมาก ถ้าดื่มเข้าไปประมาณ 30 มิลลิลิตร อาจทำให้ถึงแก่ชีวิตได้ ถ้าดื่มในปริมาณน้อย จะทำ
 ให้เกิดอาการคลื่นเหียน, อาการชักกระตุก เจ็บปวดร้าว, ทำให้ตาบอด และระบบการหายใจล้มเหลว

Ethanol (CH₃CH₂-OH) หรือมีชื่อทั่วไปว่าเอทิลแอลกอฮอล์ เป็นแอลกอฮอล์ที่บริโภคได้มีอยู่
 ในไวน์, เหล้าและเบียร์ แอลกอฮอล์ชนิดนี้ได้มาจากกระบวนการหมัก (fermentation) ซึ่งเกี่ยวข้องกับ
 การแตกตัวของโมเลกุลน้ำตาลกลูโคส ดังสมการ

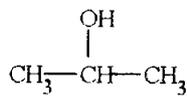


สารละลายแอลกอฮอล์ 70% โดยปริมาตรใช้เป็นยาฆ่าเชื้อ (antiseptic) โดยทำให้เกิดการแข็งตัวกับโปรตีนของแบคทีเรีย เอททานอล ยังใช้ทำทิงเจอร์โดยตัวยาคจะละลายในแอลกอฮอล์ ตัวอย่างทิงเจอร์ไอโอดีน ประกอบด้วย 2% ไอโอดีน (I₂), 2.4% โซเดียมไอโอดด์ (NaI) ละลายใน 50% น้ำหนัก/ปริมาตร ของแอลกอฮอล์ในน้ำ

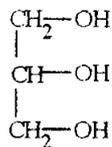
2-propanol หรือมีชื่อทั่วไปว่า ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ (isopropyl alcohol) เป็นแอลกอฮอล์ที่ใช้ถูบไล่ตัวเพื่อลดไข้ที่สูง ด้วยเหตุนี้ บางทีก็เรียกแอลกอฮอล์ชนิดนี้ว่า rubbing alcohol

1,2,3-Propanetriol หรือมีชื่อทั่วไปว่ากลีเซอรอล (glycerol) หรือ กลีเซอริน (glycerine) จัดเป็น trihydroxy alcohol มี -OH 3 หมู่ กลีเซอรอล มีความหนืด มีรสหวาน และเป็นส่วนประกอบที่พบในไขมัน (fat) และน้ำมัน (oil) ในธรรมชาติ เนื่องจากเป็นสารที่ไม่มีพิษภัย จึงใช้เป็น สารนำพาตัวยาที่ดีในยาบางชนิด นอกจากนี้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางได้ ใช้กลีเซอรอลเป็นส่วนผสมในสูตรทำครีมบำรุงผิวและครีมชนิดต่าง ๆ

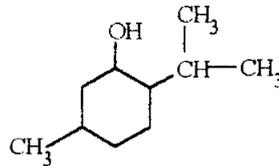
5 - Methyl -2-isopropyl-1-cyclohexanol โดยทั่วไปเรียก เมนทอล (menthol) ในธรรมชาติพบใน peppermint oil เมนทอลใช้ประโยชน์มากในทางการค้า ใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ยาน้ำแก้ไอ, ยาสูดดม, ครีมทาโกนหนวด, บุหรี่ และเหล้า เป็นต้น โดยเฉพาะในยาแก้ไอ เมนทอล จะช่วยในการขับเสมหะดีขึ้น



2-propanol



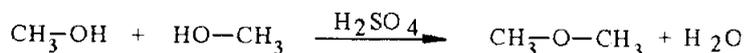
glycerol



menthol

4.5.4 อีเทอร์ (Ethers) : R-O-R

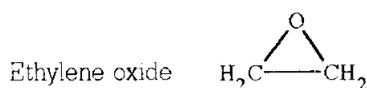
อีเทอร์มีสูตรทั่วไปคือ R-O-R¹ ถ้า R, R เหมือนกัน เราเรียกอีเทอร์แบบสมมาตร (symmetrical) ถ้า R, R¹ ต่างกัน เรียก อีเทอร์แบบไม่สมมาตร (unsymmetrical) อีเทอร์แบบสมมาตรเตรียมได้จากปฏิกิริยาของแอลกอฮอล์ในกรดซัลฟูริก



กรดซัลฟูริก มีสมบัติเป็นสารดูดความชื้น ซึ่งจะดึงน้ำออกมา เมื่อเมทิลแอลกอฮอล์ 2 โมเลกุลรวมตัวกันเกิดเป็นโมเลกุลของ dimethyl ether อีเทอร์มีสมบัติเป็นโพลาไร์เล็กน้อย ละลายในน้ำได้ไม่ตื้นัก ซึ่งแตกต่างจากแอลกอฮอล์ ทั้งนี้เนื่องจากอีเทอร์ไม่สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจน กับอีเทอร์โมเลกุลอื่น ทำให้อีเทอร์มีจุดเดือดต่ำกว่า แอลกอฮอล์ที่เป็นสารตั้งต้นใช้เตรียมอีเทอร์ดังกล่าว อีเทอร์เป็นสารติดไฟได้มาก อีเทอร์บางชนิดใช้เป็นยาสลบ

อีเทอร์ที่สำคัญบางชนิดและประโยชน์

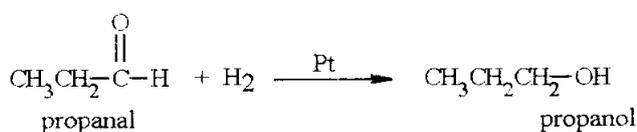
Ethoxy ethane : $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$ หรือมีชื่อทั่วไปว่าไดเอทิล อีเทอร์ บางครั้งเรียกเพียงสั้น ๆ ว่า อีเทอร์ในวงการแพทย์ใช้เป็นยาสลบ เพื่อการผ่าตัด เป็นยาสลบที่ปลอดภัย เนื่องจากขนาดปริมาณ (dose) ที่ใช้เป็นยาสลบกับขนาดปริมาณที่ทำให้ถึงแก่ชีวิตจะแตกต่างกันมาก นอกจากนี้ยังมีผลต่อความดันโลหิต และระบบการหายใจน้อยมาก อย่างไรก็ตามควรระมัดระวังในการใช้อีเทอร์ เนื่องจากไอของอีเทอร์หนักกว่าอากาศจะทำให้ไอของสารกระจายนอนนิ่งอยู่ที่พื้นห้อง และสามารถถูกติดไฟได้ดี



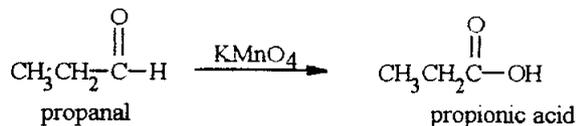
สารนี้เป็นแก๊สที่อุณหภูมิห้อง เป็น ไซคลิก อีเทอร์ ใช้เป็นสารรมฆ่าเชื้อโรคในอาหารสัตว์ ใช้เป็นสารฆ่าเชื้อราในผลิตผลทางเกษตร นอกจากนี้ยังใช้สเตอริไลซ์ เครื่องมือผ่าตัดทางการแพทย์

4.5.5 อัลดีไฮด์ (Aldehyde)

อัลดีไฮด์หลายชนิด มีกลิ่นหอมจึงใช้เป็นน้ำหอม บางชนิดมีรสขื่นรับประทาน จึงใช้เป็นสารปรุงแต่งอาหาร หมู่ฟังก์ชันนี้ (หมู่ $-\text{CHO}$) ทำให้อัลดีไฮด์ มีความว่องไวต่อปฏิกิริยา เช่น เกิดปฏิกิริยารีดักชัน แล้วเปลี่ยนไปเป็นแอลกอฮอล์ตั้งสมการ

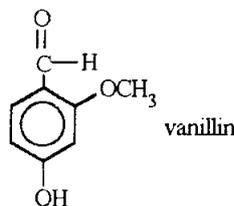
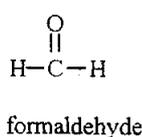


เกิดปฏิกิริยา ออกซิเดชัน แล้วเปลี่ยนไปเป็นกรดคาร์บอกซิลิก ดังสมการ

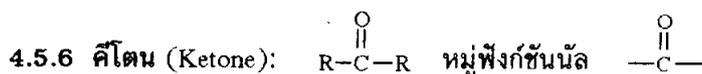


อัลดีไฮด์ที่สำคัญบางชนิดและประโยชน์

Methanal หรือที่มีชื่อทั่วไปว่า ฟอर्मัลดีไฮด์ เป็นอัลดีไฮด์ที่สามัญที่สุด มีสมบัติเป็นแก๊ส ที่อุณหภูมิห้อง ละลายน้ำได้ดี และมักขายกันในรูปสารละลาย 40% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร รู้จักกันในชื่อน้ำยาฟอर्मาลิน (formalin) ใช้เป็นน้ำยาฆ่าเชื้อโรค, ใช้เป็นน้ำยาดองเก็บรักษาเนื้อเยื่อของอวัยวะต่างๆ ฟอर्मาลินมีกลิ่นฉุน ทำให้เกิดอาการระคายเคืองต่อจมูกและภายในลำคอ



3 - Methoxy-4-hydroxy benzaldehyde สารนี้รู้จักกันในชื่อ vanillin ใช้ประโยชน์มากในทางการค้าและทางการแพทย์ ใช้เป็นสารปรุงแต่งรส เนื่องจากมีกลิ่นหอม มีรสหวานรับประทาน จึงใช้ผสมลงในยาเพื่อกลบรสขมของยา ใช้ผสมในไอศกรีม ที่ทำให้เกิดรสวานิลลา

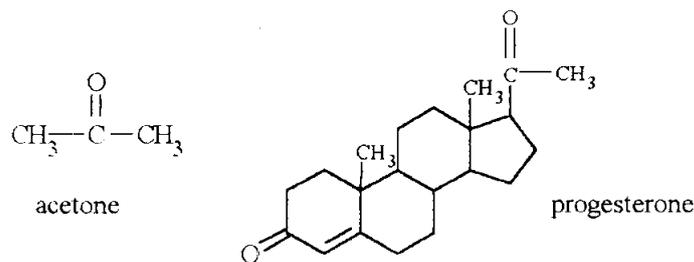


หมู่ฟังก์ชันนัลของคีโตน คือหมู่คาร์บอนิล (Carbonyl group) หรือหมู่คีโตน (keto group) คีโตนมีโครงสร้างคล้ายคลึงกับอัลดีไฮด์ คีโตนมี R 2 หมู่เกาะกับหมู่คาร์บอนิล ขณะที่อัลดีไฮด์มีเพียงหมู่เดียว

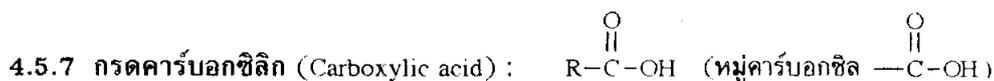
คีโตนที่สำคัญบางชนิดและประโยชน์

propanone หรือที่มีชื่อทั่วไปว่าอะซิโตน (acetone) เป็นคีโตนที่สามัญที่สุดและเป็นที่รู้จักกันดี เนื่องจากใช้ประโยชน์กันมาก เป็นตัวทำละลายที่ดีมาก สำหรับ สารอินทรีย์ทั้งหลาย โดยใช้ ขจัดสี ล้างสี ล้างยาทาเล็บ เป็นต้น นอกจากนี้ ในเลือดของมนุษย์เราก็พบว่ามีอะซิโตน อยู่ในปริมาณเล็กน้อยที่เรียกว่า ketone body การเพิ่มขึ้นของปริมาณคีโตนในเลือดจะบ่งบอกถึงความผิดปกติของร่างกาย เกี่ยวกับการแตกสลายตัวของไขมัน ซึ่งสิ่งนี้มักเป็นสัญญาณของโรคเบาหวาน (diabetes mellitus) อะซิโตน มีกลิ่น

เฉพาะตัว มีรสหวาน ผู้ป่วยบางคนที่ไม่สามารถควบคุมอาการโรคเบาหวานจะมีกลิ่นของอะซิโตนออกมาจากลมหายใจ ซึ่งเรียกว่า acetone breath ซึ่งปรากฏการณ์นี้ พยาบาลที่ดูแลคนไข้สามารถตรวจสอบได้ง่ายจากคนไข้ดังกล่าว



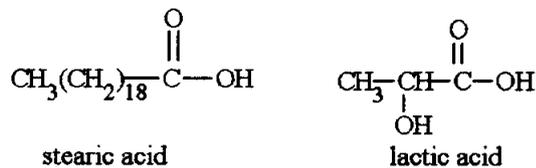
Progesterone บางที่เรียกว่า ฮอร์โมนตั้งครรภ์ (pregnancy hormone) สารนี้จัดเป็นพวกไดคีโตน (diketone) เป็นฮอร์โมนหลักของฮอร์โมนเพศหญิง ซึ่งร่างกายจะหลั่งออกมาในระหว่างครึ่งหลังของรอบเดือน และเตรียมผนังมดลูก (uterine lining) เพื่อรองรับตัวอ่อน (embryo) progesterone ยังใช้เป็นยาคุมกำเนิดโดยป้องกันการตกของไข่ (ovulation) ถ้ารับประทานยาคุมกำเนิดระหว่างวันที่ 5 ถึง วันที่ 25 ของรอบเดือน



กรดคาร์บอกซิลิก เป็นกรดอินทรีย์มีหมู่คาร์บอกซิล (carboxyl group, คาร์บอกซิล=คาร์บอนิล+ไฮดรอกซิล) ซึ่งเป็นหมู่ที่แสดงความเป็นกรด และจัดเป็นกรดอ่อน เนื่องจากมีการเกิดไอออนไนเซชันให้ H^+ ออกมาเพียงเล็กน้อยในสารละลาย ดังสมการ

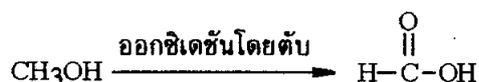


กรดคาร์บอกซิลิก บางตัวพบในไขมัน (fat) ซึ่งมีชื่อว่า กรดไขมัน (fatty acid) เช่น กรดสเตียริก (stearic acid) นอกจากนี้กรดบางตัวยังมีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) อยู่ในกรดอีกด้วย เรียกว่า กรดไฮดรอกซี (hydroxy acid) เช่น กรดแลกติก (lactic) กรดชนิดนี้มีบทบาทสำคัญในบางส่วนของปฏิกิริยาเมตาบอลิซึมในร่างกาย



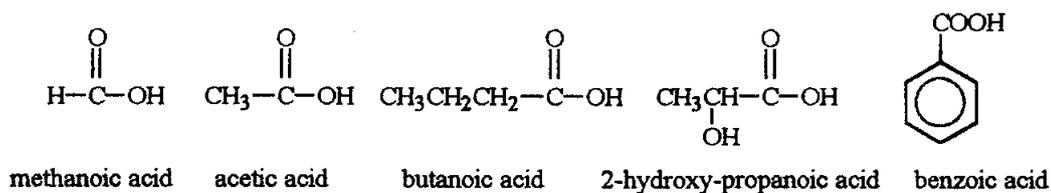
กรดคาร์บอกซิลิก ที่สำคัญบางชนิดและประโยชน์

methanoic acid มีชื่อทั่วไปว่า กรดฟอร์มิก (formic acid) เป็นกรดคาร์บอกซิลิก ที่สามัญที่สุด เป็นกรดที่มีโมด มั่ง ซึ่งจะปล่อยออกมาขณะที่กัด หรือต่อยศัตรู ทำให้มีอาการแสบเป็นผื่นบวมแดง กรดฟอร์มิก นี้สามารถเกิดขึ้นที่ตับ เมื่อรับประทานเมทิลแอลกอฮอล์เข้าไปโดยเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ดังสมการ



นอกจากนี้กรดฟอร์มิก ยังมีผลอย่างเฉียบพลันต่อเคมีของเลือดในร่างกาย ทำให้ถึงแก่ชีวิตได้ กรดฟอร์มิกใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมฟอกหนัง ย้อมสีขนสัตว์ และพลาสติก

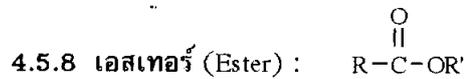
Ethanoic acid มีชื่อทั่วไปว่ากรดอะซิติก (acetic acid) เป็นกรดที่พบในน้ำส้มสายชู กรดนี้มีบทบาทในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต คือช่วยในการผลิตกรดไขมันให้มีไซของอะตอมคาร์บอนในกรดมีความยาวเพิ่มขึ้น กรดอะซิติกใช้มากในอุตสาหกรรมเส้นใย พลาสติก สีย้อมผ้า พลาสติก และสารอินทรีย์อื่นๆ



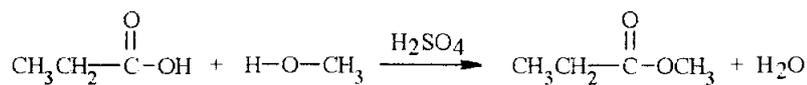
Butanoic acid มีชื่อเรียกทั่วไปว่ากรดบิวทีริก (butyric acid) กรดนี้เกิดจากเนยบูด เหม็นที่น (มาจากคำละติน butyrum แปลว่าเนย) กรดบิวทีริกที่บริสุทธิ์มีกลิ่นฉุน และเป็นสารตัวหนึ่งในบรรดา สารที่เป็นสาเหตุของกลิ่นตัว

2-hydroxy propanoic acid หรือเรียกว่า กรดแลกติก (lactic acid) เป็นกรดไฮดรอกซี พบในนมเปรี้ยว เนื่องจากแบคทีเรียแลคโตบาซิลัส เปลี่ยนแปลงน้ำตาลแลคโตส เป็นกรดแลกติก นอกจากนี้เมื่อเราออกกำลังกายมาก ๆ ร่างกายจะเปลี่ยนไกลโคเจนในกล้ามเนื้อเป็นกรดแลกติก ทำให้กล้ามเนื้อมีอาการเมื่อยล้าเกิดขึ้น

Benzoic acid หรือเรียกว่า กรดเบนซีนคาร์บอกซิลิก (benzene carboxylic acid) เป็นกรดที่สามัญที่สุดประเภทกรดอะโรมาติก กรดนี้ใช้เป็นยาล้างแผล, ยาล้างเชืรา และเป็นยากันบูดใช้ถนอมอาหาร



เอสเทอร์เกิดจากปฏิกิริยาของกรดคาร์บอกซิลิกกับแอลกอฮอล์ในกรดแก่ เช่น กรดซัลฟูริก ดังสมการ

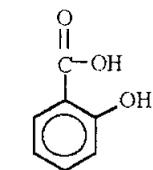


ปฏิกิริยาการเกิดเอสเทอร์นี้เรียก esterification เอสเทอร์ส่วนใหญ่มีกลิ่นหอม

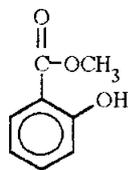
เอสเทอร์ที่สำคัญบางชนิดและประโยชน์

Methyl salicylate หรือน้ำมันระกำเป็นเมทิลเอสเทอร์ของกรดซาลิไซลิก (salicylic acid) เอสเทอร์ชนิดนี้มีกลิ่นคล้ายสะระแหน่ ดังนั้นจึงใช้สารปรุงแต่งกลิ่นโดยใช้ในปริมาณน้อยๆ ผสมลงในขนม ลูกกวาดและน้ำหอม นอกจากนี้ยังใช้เป็นน้ำมันนวดคลายความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อได้ดี

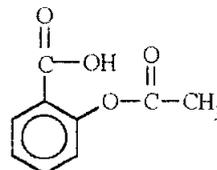
Acetyl salicylic acid หรือที่รู้จักกันดีในชื่อ แอสไพริน (aspirin) ใช้เป็นยาแก้ปวดและลดไข้ สารประกอบนี้ถ้าพิจารณาจากโครงสร้างจะเห็นว่าเป็นเอสเทอร์ ของกรดอะซิติคและกรดซาลิไซลิก



salicylic acid



methyl salicylate



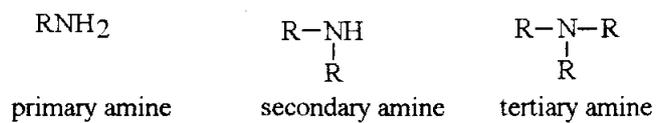
aspirin

ตัวอย่างเอสเทอร์ที่ให้กลิ่นหอมที่พบในผลไม้ต่าง ๆ เช่น

สาร	สูตร	กลิ่น
ethyl acetate	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3\text{-C-O-C}_2\text{H}_5 \end{array}$	ดอกกนงแมว
amyl acetate	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3\text{-C-O(CH}_2\text{)}_4\text{-CH}_3 \end{array}$	กล้วยหอม
octyl acetate	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3\text{-C-O(CH}_2\text{)}_7\text{-CH}_3 \end{array}$	ส้ม
ethyl butyrate	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-C-O-C}_2\text{H}_5 \end{array}$	สับปะรด
isoamyl acetate	$\begin{array}{c} \text{O} \qquad \text{CH}_3 \\ \parallel \qquad \\ \text{CH}_3\text{-C-O-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH-CH}_3 \end{array}$	ลูกแพร์

4.5.9 เอมีน (Amines)

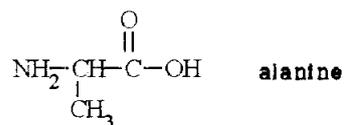
สารประกอบ เอมีน อาจกล่าวได้ว่าเป็นอนุพันธ์ของแอมโมเนีย (NH_3) โดยที่อะตอมของ ไฮโดรเจนจะถูกแทนด้วยหมู่ R ทำให้เอมีน มีสูตรทั่วไปได้ 3 ชนิด คือ



เอมีนมีกลิ่นฉุนเหมือนแอมโมเนีย และมีสมบัติเป็นอินทรีย์เบส (organic base) ดังสมการ



ในธรรมชาติเอมีนเป็นผลผลิตที่ได้จากสิ่งมีชีวิตเกิดการย่อยสลายตัว นอกจากนี้เอมีนยังพบในร่างกายคนเราในรูปของกรดอะมิโน (amino acid : กรดอะมิโน เป็นสารประกอบที่มีทั้งหมู่เอมีนและหมู่คาร์บอกซิลิก) ตัวอย่าง เช่น กรดอะมิโน อะลานีน (alanine)

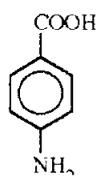


เอมีนที่สำคัญบางชนิดและประโยชน์

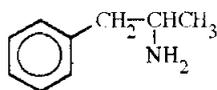
1,5-Diaminopentane : $\text{NH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$ หรืออาจเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า 1,5-pentane diamine หรือที่รู้จักกันในชื่อ cadaverine เป็นสารประกอบที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายตัวของสิ่งมีชีวิต นอกจากนี้ยังเกิดจากปฏิกิริยาของแบคทีเรียที่มีต่อเนื้อสัตว์และปลา ทำให้มีกลิ่นเหม็นฉุนเกิดขึ้น

4-Amino benzoic acid หรือเรียกอีกชื่อว่า para-aminobenzoic acid (PABA) สารประกอบนี้ใช้เป็นโลชั่นทากันแดด เพื่อป้องกันไม่ให้ผิวหนังได้รับรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV) จากแสงอาทิตย์มากเกินไป PABA ยังพบในอาหารเป็นส่วนหนึ่งของวิตามินบี-คอมเพล็กซ์ ตัวอย่างเช่น ยีสต์ทำขนมมี PABA 5-6 ppm. (ในล้านส่วน) ยีสต์หมักเบียร์ มี 10-100 ppm.

1-Phenyl-2-aminopropane หรือ (phenylisopropyl)amine หรือที่รู้จักกันในชื่อ แอมเฟตามีน (amphetamine หรือ benzedrine) สำหรับในประเทศเรารู้จักกันในชื่อ "ยาม้า" สารนี้จะออกฤทธิ์โดยกระตุ้นระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้ร่างกายมีความรู้สึกตื่นตัวอยู่เสมอ แต่ข้อเสียของยา ก็คือจะต้องกินยาต่อไปอย่างต่อเนื่องเพื่อกระตุ้นประสาทให้ตื่นตัวตลอด มิฉะนั้นจะเกิดอาการหลับใน สารแอมเฟตามีนนี้ยังใช้ผสมในยาสูดดม ทำให้จมูกโล่ง หายใจสบาย



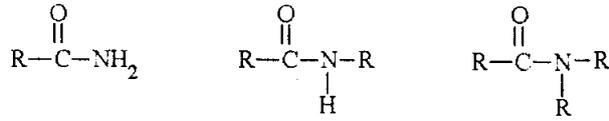
p-Aminobenzoic acid



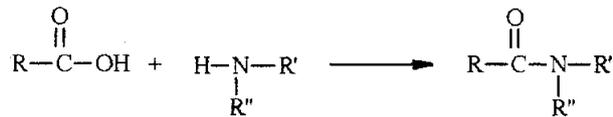
Amphetamine

4.5.10 เอไมด์ (Amides)

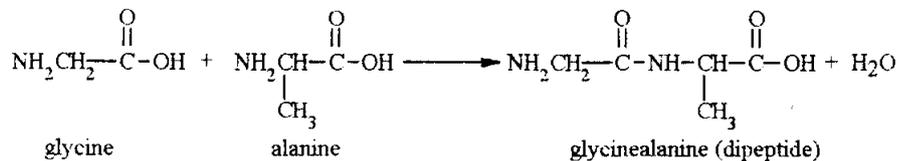
สารประกอบเอไมด์มีสูตรโครงสร้างคล้ายคลึงกับกรดคาร์บอกซิลิก โดยที่หมู่ไฮดรอกซิล (OH) ในกรดจะถูกแทนที่ด้วยหมู่อะมิโน (NH₂) เอไมด์ มีสูตรทั่วไปได้ 3 แบบ คือ



เอไมด์ เกิดจากปฏิกิริยาระหว่าง กรดคาร์บอกซิลิก กับ เอมีน (หรือแอมโมเนีย) ดังสมการ



สารประกอบเอไมด์นับว่ามีความสำคัญมาก ที่เกี่ยวข้องกับโปรตีน โปรตีนประกอบด้วยกรดอะมิโนต่างๆ เชื่อมโยงติดต่อกันโดยมีเอไมด์เป็นตัวเชื่อมที่เรียกว่า **พันธะเพปไทด์** (peptide bond) เช่น

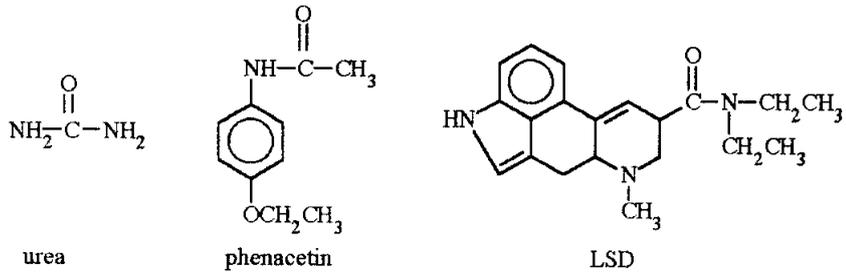


พันธะเพปไทด์จะเชื่อมโยงกรดอะมิโนทั้งหลายเข้าด้วยกันเป็นโซ่ยาวของโปรตีน

เอไมด์ที่สำคัญบางชนิดและประโยชน์

Carbamide หรือที่รู้จักกันในชื่อ ยูเรีย (Urea) สารนี้เป็นพวกไดเอไมด์ (diamide) ยูเรียเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายของกระบวนการเมตาบอลิซึมของธาตุไนโตรเจนในร่างกายคนเรา

Para-ethoxy-N-phenylacetamide หรือ p-ethoxyacetanilide สารนี้รู้จักกันในชื่อ ฟีนาซิทิน (phenacetin) ใช้เป็นยาแก้ปวดและลดไข้ แต่มีข้อเสียคือ มีผลข้างเคียง (side effect) ของการใช้ยา



N,N-Diethyllysergamide หรือที่รู้จักกันในชื่อ lysergic acid diethylamide (LSD) สาร LSD มีชื่อเสียงโด่งดังมากในทศวรรษของปี 1960 และ 1970 เป็นสารที่กลุ่มวัยรุ่นในประเทศอเมริกาและยุโรป นิยมเสพกันมากรองจากกัญชา สารนี้ทำให้เกิดอาการหลอนทางประสาทอย่างรุนแรง (hallucinogen) โดยจะไปขวางกั้นการทำงานของสาร ซีโรโทนิน (serotonin) ในสมอง ซึ่งเป็นสารควบคุมสัญญาณของเส้นประสาท (nerve impulse) ในสมอง เมื่อระบบการทำงานของซีโรโทนินถูกขวางกั้น การควบคุมสัญญาณของเส้นประสาทสูญเสียไป เป็นผลทำให้เกิดอาการหลอนหลอนและแสดงพฤติกรรมต่างที่ผิดปกติ ปัจจุบันสารประกอบนี้เป็นสารเสพติดต้องห้ามเช่นเดียวกับกัญชา เฮโรอีน และยาบ้า

แบบฝึกหัดที่ 4

- การเปลี่ยนแปลงทางเคมีแตกต่างจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพอย่างไร
- สมบัติทางเคมีแตกต่างจากสมบัติทางกายภาพอย่างไร
- ถ้านักศึกษาที่มีจำนวนรยอนต์เท่ากับ 1 โมล ถามว่านักศึกษามีจำนวนยางรยอนต์กี่เส้น (ไม่รวมยางอะไหล่)
- สารต่าง ๆ ต่อไปนี้ สารใดจัดว่าเป็น ธาตุ, สารประกอบ หรือของผสม
 - น้ำตาล
 - เกลือ
 - กระดาษ
 - เพชร
 - ไม้
 - คอนกรีต
 - ทองเหลือง
 - เหล็ก
 - สนิมเหล็ก
 - นมสด
- จงคำนวณหาจำนวนกรัมของ Na ในแต่ละข้อ (กำหนดให้น้ำหนักอะตอม Na = 23)
 - 2.0 โมลของ Na
 - 0.20 โมลของ Na
- จงคำนวณหาน้ำหนักโมเลกุลของสารประกอบต่อไป
(กำหนดน้ำหนักอะตอม K=39 S=32 O=16 H=1 N=14 P=31 Ca=40 C=12)
 - K_2SO_4
 - $(NH_4)_3PO_4$
 - $(NH_4)_2SO_4$
 - $CaCO_3$
- จงคำนวณหาจำนวนโมลของสารต่อไปนี้
 - 7.8 กรัม ของ K
 - 44 กรัมของ CO_2
 - 640 กรัมของ SO_2
 - 150 กรัมของ $CaCO_3$
 - 2.56 กรัมของ S
- จงหาจำนวนโปรตอน, อิเล็กตรอน และนิวตรอนในอะตอมที่เป็นกลางต่อไปนี้

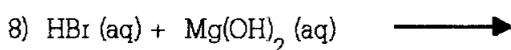
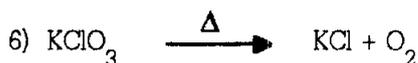
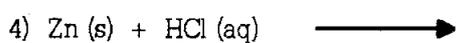
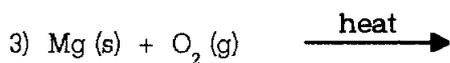
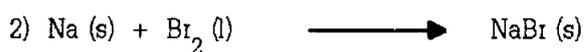
40	52	66	80	238
1. Ca	2. Cr	3. Zn	4. Br	5. U
20	24	30	35	92
- ให้เขียนสัญลักษณ์ของไอโซโทปในแต่ละข้อต่อไปนี้
 - 16p, 16e, 16n
 - 17p, 17e, 20n
 - 20p, 20e, 28n
 - 25p, 25e, 30n

10) ในตารางธาตุ ; แถวในแนวนอน เรียกว่า.....และในแนวตั้งเรียกว่า

11) จงเขียนการกระจายของอิเล็กตรอนในชั้นต่าง ๆ ของธาตุต่อไปนี้

16	20	41
1. O	2. Ne	3. K
8	10	19

14) จงเขียนสมการและดุลย์สมการต่อไปนี้ พร้อมทั้งบอกชนิดของปฏิกิริยา



15) จงบอกความแตกต่างระหว่างสารต่อไปนี้

- 1) solute และ solvent 2) strong acid และ weak acid

16) จงอธิบายคำต่าง ๆ ต่อไปนี้

- 1) กรด 2) เบส 3) เกลือ 4) ออกไซด์

17) ยาลดกรดที่รับประทานเข้าไปเพื่อต้องการลดกรดในกระเพาะ หมายความว่ายาลดกรดมี pH สูง หรือ ต่ำกว่า 7

18) ในการเตรียมสารละลาย 15% (น้ำหนัก-ปริมาตร) โพแทสเซียมคลอไรด์ จำนวน 500 มิลลิลิตร

ถามว่า ต้องใช้โพแทสเซียมคลอไรด์กี่กรัม ละลายในน้ำ

19) สารละลายต่อไปนี้สารใดเป็น solute และสารใดเป็น solvent

1) โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ในน้ำ

2) 7% น้ำหนัก-ปริมาตร สารละลายโซเดียมคลอไรด์

3) แก๊สออกซิเจน 5 ลิตร และแก๊สไนโตรเจน 3 ลิตร

4) สารละลาย 3 M HCl

20) จงคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ (น้ำหนัก-ปริมาตร) ของสารละลายต่อไปนี้

1) โซเดียมคลอไรด์ 25 กรัม ละลายน้ำแล้วทำให้สารละลายมีปริมาตร 200 มิลลิลิตร

2) อัลกอฮอล์ 9 กรัม ละลายน้ำแล้วทำให้สารละลายมีปริมาตร 30 มิลลิลิตร

3) กลูโคส 0.8 กรัม ละลายน้ำแล้วทำให้สารละลายมีปริมาตร 40 มิลลิลิตร

21) จงคำนวณหา molarity ของสารละลายต่อไปนี้

1) กลูโคส ($C_6H_{12}O_6$) 180 กรัม ในสารละลาย 500 มิลลิลิตร

2) โซเดียมคลอไรด์ 5.85 กรัม ในสารละลาย 250 มิลลิลิตร

3) HCl 72 กรัม ในสารละลาย 2 ลิตร

22) จงคำนวณหาปริมาณ (กิโลกรัม) แคลเซียมไฮดรอกไซด์ $Ca(OH)_2$ เพื่อเตรียมสารละลาย 2.0 M $Ca(OH)_2$ จำนวน 600 มิลลิลิตร

23) จงคำนวณหาปริมาตร (ml) ของสารละลายกลูโคส ความเข้มข้น 0.10 M ที่มีกลูโคส 36 กรัม

24) ให้จับคู่ระหว่างความเข้มข้นของกรด-เบส และค่า pH ต่อไปนี้

1) 1 M HCl a) pH = 12

2) 0.01 M HCl b) pH = 2

3) 0.01 M NaOH c) pH = 0

4) 0.0001 M LiOH d) pH = 5

5) $[H^+] = 10^{-5}$ e) pH = 10

25) สารละลาย 0.1 M กรดอะซิติก มีความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน เท่ากับ 1.5×10^{-3} M จงหา pH ของสารละลาย

26) จงหาค่า pH ของสารละลาย 0.002 M NaOH

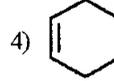
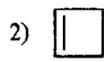
27) จงคำนวณหาความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน หรือ ไฮดรอกไซด์ไอออน ของสารละลาย ที่ค่า pH ต่อไปนี้

- 1) 2.4 2) 4.6 3) 8.3 4) 11.5

28) จงเขียนโครงสร้างของไอโซเมอร์ ของ C_5H_{12}

29) จงยกตัวอย่างสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว

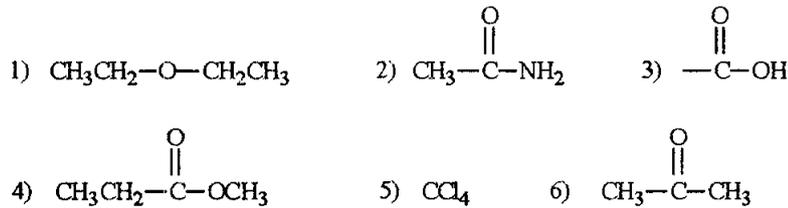
30) จงเรียกชื่อสารประกอบไฮโดรคาร์บอนต่อไปนี้



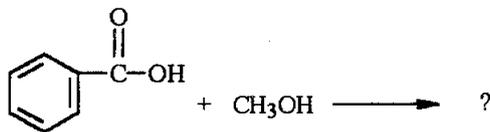
31) จงเขียนสูตรทั่วไปพร้อมทั้งยกตัวอย่าง สารประกอบต่อไปนี้

- 1) alcohol 2) ether 3) aldehyde 4) Ketone 5) carboxylic acid
6) ester 7) amine 8) amide 9) alkyl halide 10) amino acid

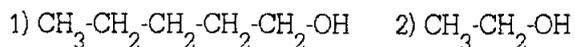
32) สารประกอบ ที่มีสูตรโครงสร้างต่อไปนี้ จัดว่าเป็นสารอินทรีย์ประเภทใด



33) จากปฏิกิริยาต่อไปนี้ ถ้ามว่าผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นสารประเภทใด มีสูตรโครงสร้างอย่างไร



33) แอลกอฮอล์ต่อไปนี้ เป็น polar และ non polar



34) จงเขียนสมการของปฏิกิริยาดังต่อไปนี้ ระบุว่า ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นสารประเภทใด



เอกสารอ้างอิง

- 1) Chang, R. **Chemistry** 5th ed. New York: McGraw-Hill, Inc. 1994.
- 2) Hess, F.C. **Chemistry Made Simple** Revised ed. New York: Doubleday company, Inc. 1984.
- 3) Hill, J.W. **Chemistry for Changing Times** 6th ed. New York: Macmillan Publishing company. 1994.
- 4) Sherman, A., Sherman, S.J. **Chemistry and Our Changing World** 3rd. ed. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall. 1992.