แผนบริหารประจำบทที่ 2

1) หัวข้อเนื้อหาประจำบท

1. สารและสมบัติของสาร
2. การเปลี่ยนแปลงของสาร
3. การจำแนกสาร
4. วิธีการแยกสารให้บริสุทธิ์
5. บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่องสารเคมีและอ่านฉลากสารเคมี
6. สรุป
7. แบบฝึกหัดท้ายบท
8. เอกสารอ้างอิง

2) วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. บอกความหมายของสารและสมบัติของสารได้
2. อธิบายถึงวิธีการของการเปลี่ยนแปลงของสารได้
3. บอกถึงวิธีการจำแนกสารได้
4. อธิบายและเลือกวิธีการแยกสารให้บริสุทธิ์ได้
5. เข้าใจและปฏิบัติการทดลองเรื่องสารเคมีและอ่านฉลากสารเคมีได้

3) วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอนประจำบท

1. บรรยายโดยใช้สไลด์ประกอบการสอน
2. อธิบายแลกเปลี่ยนความคิดเห็น
3. ยกกรณีศึกษาที่เกี่ยวข้องมาอภิปรายร่วมกัน
4. บทปฏิบัติการประจำบทที่ 2 เรื่อง เรื่องสารเคมีและอ่านฉลากสารเคมี
5. ทำแบบฝึกหัด และเขียนรายงานการปฏิบัติการทดลองประจำบทปฏิบัติการที่ 2

4) สื่อการเรียนการสอน

1. สไลด์ประกอบการสอน
2. เอกสารประกอบการบรรยาย
3. วัสดุ อุปกรณ์วิทยาศาสตร์บทปฏิบัติการประจำบทที่ 2
4. แบบฝึกหัด

5) การวัดและการประเมินผล

1. สังเกตจากความสนใจและการตอบคำถาม
2. สังเกตจากการปฏิบัติการทดลอง
3. ตรวจสอบจากแบบฝึกหัดท้ายบท

บทที่ 2
สารและการจำแนกสาร

เคมี เป็นวิชาที่เป็นจัดเป็นวิทยาศาสตร์กายภาพที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างของสาร การเปลี่ยนแปลงภายในและภายนอกของสารและการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสาร ซึ่งวิชาเคมีนั้นสามารถแตกและแบ่งออกเป็นสาขาวิชาเคมีต่าง ๆ ได้ดังนี้ เคมีอินทรีย์ เคมีอนินทรีย์ เคมีเชิงฟิสิกส์ และเคมีวิเคราะห์ เป็นต้น นอกจากนี้ในปัจจุบันวิชาเคมีได้ผสมผสานกับวิชาอื่นๆและก่อให้เกิดคุณประโยชน์อีกมากมาย เช่น ชีวเคมี เคมีการเกษตร วิศวกรรมเคมี เป็นต้น

ในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงความหมายของสสาร สาร หลักการของการเปลี่ยนแปลงของสสารและการแยกสารเบื้องต้นด้วยวิธีการต่างๆโดยใช้ความรู้ทางด้านเคมีเข้ามาช่วยในขั้นตอนหรือกระบวนการต่างๆ ในศึกษา เช่น การศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของสาร การจำแนกสาร วิธีการแยกสารให้บริสุทธิ์ ระบบและกฎการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งจะเป็นพื้นฐานสำหรับนักศึกษาหรือผู้สนใจทั่วไป ได้มีความรู้และความเข้าใจเบื้องต้นเพื่อนำไปใช้ในการปฏิบัติงานในวิชาชีพต่อไป

สารรอบ ๆ ตัวมีมากมายหลายชนิด สารแต่ละชนิดนั้นมีสมบัติหลายประการ เช่น แก๊วออกซิเจน แก๊สไฮโดรเจน มีสถานนะเป็นแก๊ส ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และติดไฟได้ สมบัติของสารมีทั้งทีเป็นสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมี ในการจำแนกสารจึงต้องใช้สมบัติของสารเป็นเกณฑ์หนึ่งในการพิจารณา (ศรีลักษณ์ ผลวัฒนะ, รัตนาภรณ์ อิทธิไพสิฐพันธุ์ และสุภาภรณ์ หรินทรนิตย์, 2545)

2.1 สารและสมบัติของสาร

1) ความหมายของสสารและสาร

สสาร (Matter) คือ สิ่งที่มีมวลและต้องการที่อยู่ สสารเป็นองค์ประกอบของจักรวาล ซึ่งมีความหมายรวมถึงสิ่งที่มองเห็นได้ จับต้องได้ เช่น ดิน น้ำ ต้นไม้ และสิ่งที่จับต้องไม่ได้ เช่น อากาศ

สสาร (Matter) คือวัตถุดิบ ที่ประกอบกันขึ้นเป็นทุกสิ่งทุกอย่างในจักรวาลนี้ อะไรก็ตามที่อยู่รอบตัวเราล้วนแต่เรียกว่า สสาร ซึ่งต้องมีสมบัติที่ประกอบกัน 3 ประการ คือ (อนุสิษฐ์ เกื้อกูล, 2563)

1. สสารต้องการที่อยู่ คือความสามารถในการครอบครองที่ว่างนั่นคือสมบัติการมีปริมาตรนั่นเอง
2. สสารต้องเป็นที่สัมผัสได้ กล่าวคือ ต้องมีตัวตน จับต้องได้
3. สสารทุกชนิดจะต้องมีมวล เช่น อากาศ แม้ว่าจะมีมวลน้อยมากก็ถือว่ามีมวล จึงถือว่าอากาศเป็นสสารได้

สาร (Substance) คือ สสารที่ศึกษาค้นคว้าจนทราบสมบัติและองค์ประกอบที่แน่นอน ซึ่งก็คือเนื้อของสสารนั่นเอง (ประดับ นาคแก้ว, ดาวัลย์ เสริมบุญสุข และ วัชวัลย์ ครุฑไชยันต์, 2550)

สาร (Substance) หมายถึง สิ่งต่าง ๆ ที่มีมวล ต้องการที่อยู่และสามารถสัมผัสได้ เช่น โต๊ะ เก้าอี้ น้ำ อากาศ ต้นไม้ ก้อนหิน โลหะต่าง ๆ กระดาษ เป็นต้น

ในการศึกษาเรื่องสาร จำเป็นต้องแบ่งสารออกเป็นหมวดหมู่ เพื่อให้ง่ายต่อการจดจำสาร โดยทั่วไปนิยมใช้สมบัติทางกายภาพด้านใดด้านหนึ่งของสารเป็นเกณฑ์ ซึ่งมีหลายเกณฑ์ด้วยกัน

2) สมบัติของสาร (Properties of matter)

สมบัติของสาร หมายถึง ลักษณะเฉพาะตัวของสารที่สามารถบ่งบอกว่าสารชนิดนั้นคืออะไร สารแต่ละชนิดจะมีสมบัติของสารที่สังเกตได้ คือ สี กลิ่น รส สถานะ เนื้อสาร ถ้าต้องการตรวจสอบว่าของเหลวใส ไม่มีสี เป็นสารละลายน้ำตาลหรือสารละลายเกลือแกง ต้องทดสอบสมบัติเฉพาะตัวคือ รส หรือทดสอบการนำไฟฟ้า ดังแสดงตัวอย่างในการทดสอบตามตารางที่ 2.1 (อนุสิษฐ์ เกื้อกูล, 2560)

ตารางที่ 2.1 สมบัติของสารและเครื่องมือหรือวิธีการตรวจสอบ

สมบัติของสาร	เครื่องมือหรือวิธีที่ใช้ในการตรวจสอบ
1. การนำไฟฟ้า	ชุดเครื่องตรวจการนำไฟฟ้า (Conductivity meter)
2. การละลาย	นำสารไปทดสอบการละลายในตัวทำละลาย (Solubility)
3. ความเป็นกรดเป็นด่าง	ใช้กระดาษลิตมัสทดสอบสารละลาย หรือเครื่องวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH meter)
4. อุณหภูมิ	เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)
5. มวล (Mass)	เครื่องชั่ง
6. จุดหลอมเหลว (melting point)	สังเกตขณะสารเกิดการหลอมเหลวโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์วัด หรือเครื่องการวัดจุดหลอมเหลว
7. จุดเดือด (boiling point)	สังเกตขณะสารเกิดการเดือดโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์วัด

สมบัติของสาร หมายถึง ลักษณะประจำตัวของสารแต่ละชนิด ซึ่งแตกต่างจากสารอื่น เช่น ทองแดง นำไฟฟ้าได้ แต่พลาสติกไม่นำไฟฟ้า ออกซิเจนอยู่ในสถานะแก๊สที่อุณหภูมิและความดันปกติแต่นำเป็นของเหลว น้ำส้มสายชูมีรสเปรี้ยวแต่น้ำเชื่อมมีรสหวาน น้ำมีจุดเดือดที่ 100 องศาเซลเซียส แต่เอทานอลมีจุดเดือดที่ 78.5 องศาเซลเซียส เป็นต้น สมบัติของสารสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท ดังนี้

2.1) สมบัติทางกายภาพ (Physical properties) หมายถึง สมบัติของสารที่สามารถทราบได้จากการสังเกตหรือการทดลองง่าย ๆ เช่น สี รส จุดเดือด จุดหลอมเหลว ความแข็ง การนำไฟฟ้า การนำความร้อน ความหนาแน่น ความถ่วงจำเพาะ ลักษณะผลึก เป็นต้น เช่น เหล็กเป็นของแข็ง สีเทา นำไฟฟ้าและนำความร้อนได้ดี น้ำมีสถานะเป็นของเหลว ใส ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส

2.2) สมบัติทางเคมี (Chemical properties) หมายถึงสมบัติที่ทราบได้โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงทางเคมี สมบัติที่สังเกตได้เมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมี เช่น แก๊สไฮโดรเจน (H_2) ติดไฟได้และกลายเป็นไอน้ำ ถ่าน

เมื่อเกิดการเผาไหม้จะเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) สังกะสีเมื่อทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริก (HCl) เกิดแก๊สไฮโดรเจน (H_2) เหล็ก (Fe) เมื่อทำปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจนในอากาศ (O_2) เกิดเป็นสนิมเหล็ก ($Fe_2O_3 \, xH_2O$) มีสีน้ำตาลแดง ความเป็นกรดเป็นด่าง ความเป็นโลหะ เป็นต้น

รอบ ๆ ตัวเรามีสารต่าง ๆ มากมาย มีทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและทั้งที่มนุษย์สร้างขึ้น สารต่าง ๆ พบได้ทั้งในเปลือกโลกส่วนที่เป็นของแข็ง ในน้ำ และในอากาศ สารบางชนิดมีสมบัติคล้ายกัน และบางชนิดมีสมบัติต่างกัน การที่สารบางชนิดมีสมบัติคล้ายกันจึงจำเป็นต้องจัดสารออกเป็นหมวดหมู่ หรือเป็นกลุ่ม ๆ เพื่อง่ายต่อความเข้าใจและการนำไปใช้ ดังแสดงในตารางที่ 2.3 ซึ่งเป็นการจัดกลุ่มสารโดยอาศัยสมบัติบางประการของสาร

ตารางที่ 2.3 สมบัติบางประการของสารที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และความดัน 1 บรรยากาศ (STP)
ที่มา : ถนัด ศรีบุญเรือง, ม.ป.ป.

สาร	สมบัติของสาร				
	สถานะ	ความสามารถในการนำไฟฟ้า	สี	ความสามารถในการละลายน้ำ	ความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลาย
โซเดียมคลอไรด์ (NaCl)	ของแข็ง	ไม่นำไฟฟ้า	ขาว	ดีมาก	กลาง
แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (ปูนขาว, $Ca(OH)_2$)	ของแข็ง	ไม่นำไฟฟ้า	ขาว	ได้บ้าง	ด่าง
แนฟทาลีน (ลูกเหม็น, $C_{10}H_8$)	ของแข็ง	ไม่นำไฟฟ้า	ขาว	ไม่ละลาย	-
ทองแดง (Cu)	ของแข็ง	นำไฟฟ้า	แดงส้ม	ไม่ละลาย	-
กำมะถัน (S_8)	ของแข็ง	ไม่นำไฟฟ้า	เหลือง	ไม่ละลาย	-
เอทานอล (C_2H_5OH)	ของเหลว	ไม่นำไฟฟ้า	ไม่มีสี	ดี	กลาง
ออกซิเจน (O_2)	แก๊ส	ไม่นำไฟฟ้า	ไม่มีสี	ได้เล็กน้อย	กลาง
น้ำเกลือ	ของเหลว	นำไฟฟ้า	ไม่มีสี	ดีมาก	กลาง
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (โซดาไฟ, NaOH)	ของแข็ง	ไม่นำไฟฟ้า	ขาว	ดี	ด่าง
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	แก๊ส	ไม่นำไฟฟ้า	ไม่มีสี	ดี	กรด
พลาสติก	ของแข็ง	ไม่นำไฟฟ้า	แดง	ไม่ละลาย	-
ไฮโดรเจน (H_2)	แก๊ส	ไม่นำไฟฟ้า	ไม่มีสี	ไม่ละลาย	-
น้ำเชื่อม	ของเหลว	ไม่นำไฟฟ้า	ไม่มีสี	ดี	กลาง
เหล็ก (Fe)	ของแข็ง	นำไฟฟ้า	เทา	ไม่ละลาย	-
ปรอท (Hg)	ของเหลว	นำไฟฟ้า	เงิน	ไม่ละลาย	-

หมายเหตุ การทดสอบความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลายใช้กระดาษลิตมัสในการทดสอบ

2.2 การเปลี่ยนแปลงของสาร

การเปลี่ยนแปลงของสาร หมายถึง การที่สารมีสมบัติต่างไปจากเดิม เช่น มีสี กลิ่น รส รูปร่าง หรือสถานะเปลี่ยนไป การเปลี่ยนแปลงบางอย่างอาจทำให้มีสารใหม่เกิดขึ้น หากใช้สมบัติของสารเป็นเกณฑ์จะสามารถจำแนกประเภทของการเปลี่ยนแปลงได้ 2 ประเภท คือ การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และการเปลี่ยนแปลงทางเคมี (โนรีรักษ์ ทีปะนะ, 2555) เช่น ผลไม้ดิบกลายเป็นผลไม้สุก อาหารสดเมื่อวางทิ้งไว้เกิดการเน่าเปื่อย เป็นต้น

1) การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ (Physical change) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับสมบัติทางกายภาพของสาร เช่น การเปลี่ยนสถานะ การละลาย การมีรูปร่างเปลี่ยนไป หลังจากเกิดการเปลี่ยนแปลงแล้ว สมบัติทางเคมีของสารยังคงเหมือนเดิม ตัวอย่างเช่น การระเหิดของเกล็ดไอโอดีนในภาชนะปิด โดยเกล็ดไอโอดีนจะเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นไอ และเมื่อสภาพแวดล้อมภายนอกเหมาะสมไอของไอโอดีนจะระเหิดกลับเป็นเกล็ดไอโอดีนอีกครั้งโดยคุณสมบัติเหมือนเดิมทุกประการ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 2.1(ก) – 2.1(ข)

2) การเปลี่ยนแปลงทางเคมี (Chemical change) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี หลังจากการเปลี่ยนแปลงมีสารใหม่เกิดขึ้น ซึ่งสารที่เกิดขึ้นใหม่นี้มีองค์ประกอบและสมบัติทางเคมีแตกต่างจากสารเดิม ไม่สามารถทำให้กลับไปสู่สภาพเดิมได้หรือทำได้ยาก ซึ่งสารบางตัวอาจสังเกตได้จากการมีแก๊ส มีตะกอน และสรของสารเปลี่ยนไป (อินทิรา หาญพงษ์พันธ์ และบัญชา พูลโภคา, 2556) เช่น การเผาแก๊สไฮโดรเจนในอากาศ แก๊สไฮโดรเจนจะเกิดปฏิกิริยาเคมีกับแก๊สออกซิเจนในอากาศเกิดเป็นโมเลกุลของน้ำ (H_2O) ซึ่งมีคุณสมบัติแตกต่างไปจากแก๊สไฮโดรเจน (H_2) และแก๊สออกซิเจน (O_2) และเมื่อต้องการทำให้โมเลกุลน้ำกลับมาเป็นแก๊สไฮโดรเจนและแก๊สออกซิเจนอีกครั้งทำได้ยาก (ปิตุพร พิมพาเพชร, 2564)

ตัวอย่างการเกิดปฏิกิริยาของสาร

- ปฏิกิริยาระหว่างลวดแมกนีเซียม (Mg) กับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ได้แก๊สไฮโดรเจนเกิดขึ้น

$$Mg_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \text{ ----------> } MgCl_{2\,(aq)} + H_{2\,(g)}$$

- ปฏิกิริยาระหว่างสารละลายโซเดียมคลอไรด์กับซิลเวอร์ไนเตรต ได้ตะกอนสีขาวเกิดขึ้น ตามสมการ

$$NaCl_{(aq)} + AgNO_{3\,(aq)} \text{ ----------> } AgCl_{(s)} + NaNO_{3\,(aq)}$$

- ปฏิกิริยาระหว่างสารละลายด่างทับทิมในกรดเกลือเจือจางซึ่งมีสีม่วง กับสารละลายกรดออกซาลิก ($H_2C_2O_4$) จะได้แมงกานีส (III) ไอออน สีชมพูกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ดังสมการ

$$2MnO_4^{-}{}_{(aq)} + 6H^{+}{}_{(aq)} + 5H_2C_2O_4{}_{(aq)} \text{ -----> } 2Mn^{2+}{}_{(aq)} + 8H_2O_{(l)} + 10CO_2{}_{(g)}$$

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและการเปลี่ยนแปลงทางเคมี สามารถแสดงข้อเปรียบเทียบได้ ดังตารางที่ 2.4

(ก)

(ข)

รูปที่ 2.1 (ก) เกล็ดไอโอดีนก่อนการระเหิด (ข) ไอของไอโอดีนเมื่อเกิดการระเหิด

ที่มา: อุดมเกียรติ พรรธนประเทศ, 2539

ตารางที่ 2.4 ข้อเปรียบเทียบระหว่างการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมี

ข้อสังเกต	การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ	การเปลี่ยนแปลงทางเคมี
การเกิดปฏิกิริยาเคมี	ไม่เกิด	เกิด
การเกิดสารใหม่	ไม่เกิด	เกิด
การกลับสู่สภาพเดิม	ง่าย	ยากหรือไม่เกิดขึ้น
องค์ประกอบและสมบัติของสาร	เหมือนเดิมหรือต่างไปเล็กน้อย	แตกต่างจากสารเดิม

2.3 การจำแนกสาร

ในการศึกษาเรื่องสาร จำเป็นต้องแบ่งสารออกเป็นหมวดหมู่ เพื่อให้ง่ายต่อการจดจำสาร โดยทั่วไปนิยมใช้สมบัติทางกายภาพด้านใดด้านหนึ่งของสารเป็นเกณฑ์ ซึ่งมีหลายเกณฑ์ด้วยกัน ดังนี้

1) จัดสารเป็นกลุ่มโดยใช้สถานะเป็นเกณฑ์ สามารถแบ่งสารออกได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

1.1) ของแข็ง (Solid) มีอนุภาคภายในเรียงชิดติดกัน อนุภาคของของแข็งไม่มีการเคลื่อนที่ แต่ละอนุภาคจะอยู่ในตำแหน่งที่ตายตัวตำแหน่งเดียว ทำให้แยกออกจากกันได้ยาก มีการสั่นตลอดเวลา ปริมาตรของของแข็งเปลี่ยนแปลงน้อยมาจนถือว่าปริมาตรคงที่ และจะรักษารูปร่างเดิมได้ดี ของแข็งมีหลายชนิดเรียงตัวแบบซ้ำๆกัน อย่างสม่ำเสมอ ของแข็งที่ประกอบด้วยผลึก เรียกว่าของแข็งผลึก (crystalline solid) เช่น น้ำตาลทราย เกลือ ทราย แต่สำหรับของแข็งบางชนิด อนุภาคไม่ได้เรียงตัวอย่าง

เป็นระเบียบที่สม่ำเสมอ เรียกว่า ของแข็งอสัณฐาน (amorphous solid) เช่น พลาสติก ยาง แก้ว ไม้ เป็นต้น

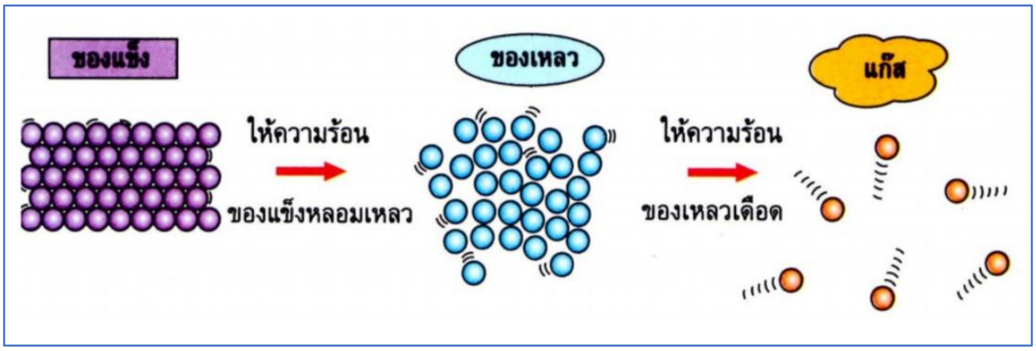
1.2) ของเหลว (Liquid) มีปริมาตรแน่นอน รูปร่างเปลี่ยนไปตามภาชนะที่บรรจุ ซึ่งอนุภาคภายในจะอยู่ชิดกันน้อยกว่าของแข็ง แต่อนุภาคในของเหลวจะเคลื่อนที่ไปมาอย่างอิสระ และ มีสมบัติเป็นของไหล เนื่องจากอนุภาคของของเหลวเคลื่อนที่จากบริเวณหนึ่งไปยังอีกบริเวณหนึ่งได้จึงเรียกว่า ของไหล คุณสมบัติที่สำคัญของของเหลวบางชนิด คือ การต้านการไหลของของเหลว เรียกว่า ความหนืด (Viscosity) ยกตัวอย่างของของเหลวเช่น น้ำมัน , แอลกอฮอล์, ปรอท (Hg) เป็นต้น

1.3) แก๊ส (Gas) มีปริมาตรไม่แน่นอนและรูปร่างเปลี่ยนไปตามภาชนะที่บรรจุ อนุภาคภายในจะอยู่ห่างกันมากที่สุด และ มีสมบัติเป็นของไหลได้ เช่น แก๊สออกซิเจน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ อากาศ แก๊วหุงต้ม เป็นต้น

ซึ่งสถานะของสารทั้ง 3 กลุ่ม สามารถสลับสับเปลี่ยนไปมาได้ โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงของพลังงานความร้อน ยกตัวอย่างเช่น น้ำ (H_2O) ซึ่งเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง สามารถเปลี่ยนเป็นของแข็ง (น้ำแข็ง) ได้ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส และสามารถเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊ส (ไอน้ำ) ได้ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงของพลังงานความร้อนดังแสดงในรูปที่ 2.2 – 2.3

รูปที่ 2.2 การเปลี่ยนสถานะของสารโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงของพลังงานความร้อน

ที่มา: ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์, 2546



รูปที่ 2.3 ลักษณะอนุภาคของสาร เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของพลังงานความร้อน

ที่มา: ประดับ นาคแก้ว, 2550

2) จัดสารเป็นกลุ่มโดยใช้การนำไฟฟ้าเป็นเกณฑ์ สามารถแบ่งสารออกได้ 2 กลุ่ม คือ

2.1) สารที่ไม่นำไฟฟ้า คือสารที่ไม่ว่าจะอยู่ในสถานะใดก็ไม่สามารถนำไฟฟ้าได้ สารกลุ่มนี้มีคุณสมบัติเด่นคือไม่ยอมให้ไฟฟ้าไหลผ่านภายในโมเลกุลหรือระหว่างโมเลกุลได้เลย คือมีค่าความต้านทานไฟฟ้าสูง (electrical resistance) จึงเหมาะกับการนำไปทำเป็นฉนวนไฟฟ้า (Insulator) ตัวอย่างเช่น หินปูน ($CaCO_3$) แก๊สออกซิเจน (O_2) พลาสติก (Plastic) ไม้ (Wood) เป็นต้น

2.2) สารที่นำไฟฟ้า คือสารที่ยอมให้ไฟฟ้าไหลผ่านภายในโมเลกุลหรือระหว่างโมเลกุลของสารได้ มีคุณสมบัติในการต้านทานไฟฟ้าต่ำ จึงนิยมนำมาใช้ประโยชน์เป็นตัวนำไฟฟ้า (Conductor) เช่น โลหะทองแดง (Cu) โลหะเงิน (Ag) เป็นต้น สารบางชนิดเมื่ออยู่ในสถานของแข็งไม่สามารถนำไฟฟ้าได้ แต่เมื่อเกิดการหลอมเหลวหรือละลายในน้ำแล้วสามารถนำไฟฟ้าได้ เรียกสารกลุ่มนั้นว่า สารอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) เช่น เกลือ (NaCl) ในสถานะของแข็ง ไม่นำไฟฟ้า แต่เมื่อเกิดการหลอมเหลว หรือละลายในน้ำ (น้ำเกลือ) จะเกิดการแตกตัวออกเป็นประจุบวก (Na^+) และประจุลบ (Cl^-) กระจายตัวอยู่ในของเหลวทำให้สามารถนำไฟฟ้าได้

3) จัดสารเป็นกลุ่มโดยใช้ความเป็นโลหะเป็นเกณฑ์ สามารถแบ่งสารออกได้ 3 กลุ่ม คือ

3.1) โลหะ (Metal) คือวัสดุหรือธาตุที่ได้จากธรรมชาติหรือได้จากการถลุงสินแร่ต่าง ๆ เช่น ทองแดง (Cu) เงิน (Ag) โซเดียม (Na) เป็นต้น

3.2) อโลหะ (Non-metal) คือวัสดุหรือธาตุที่ได้จากธรรมชาติ และขาดคุณสมบัติความเป็นโลหะทางกายภาพ เช่น ฟลูออรีน (F) นีออน (Ne) ออกซิเจน (O) เป็นต้น

3.3) กึ่งโลหะ (Metalloid) เป็นธาตุในอนุกรมเคมี ที่มีสมบัติทั้งทางกายภาพและเคมีอยู่กึ่งกลางระหว่างโลหะและอโลหะ เช่น โบรอน (B) ซิลิกอน (Si) เป็นต้น

4) จัดสารเป็นกลุ่มโดยใช้การละลายน้ำเป็นเกณฑ์ ซึ่งในการแบ่งกลุ่มสารประเภทนี้อาศัยคุณสมบัติความสามารถในการละลายหรือสภาพการละลายได้ของสาร (Solubility) คือ ความสามารถของสารหนึ่งที่ละลายในสารอื่นจนเป็นสารละลายอิ่มตัว โดยส่วนใหญ่ใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย สามารถแบ่งสารได้กลุ่ม 3 กลุ่ม คือ

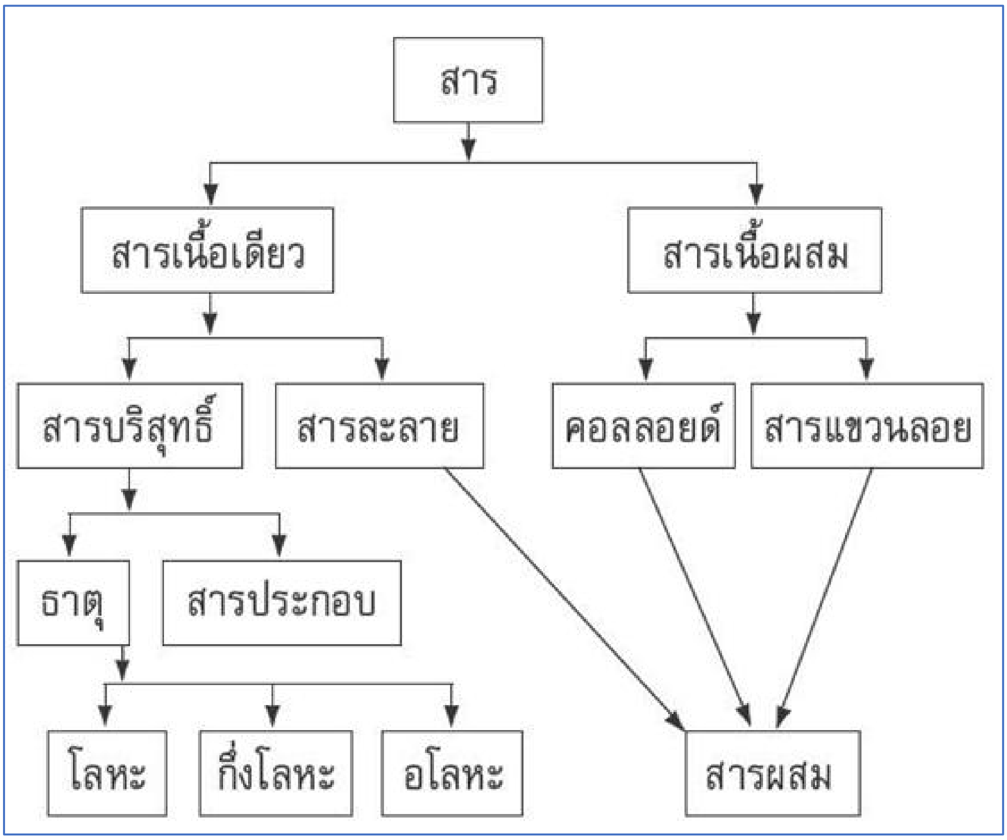
4.1) สารที่ละลายได้ดี หมายถึงสารที่มีความสามารถในการละลายในสารอื่นได้มากกว่า 1 กรัมต่อตัวทำละลาย 100 กรัม เช่น เกลือแกง (NaCl) น้ำตาลทราย ($C_{12}H_{22}O_{11}$) เป็นต้น

4.2) สารที่ละลายได้เล็กน้อย หมายถึงสารที่มีความสามารถในการละลายในสารอื่นได้ 0.1 – 1 กรัมต่อตัวทำละลาย 100 กรัม เช่น แก๊สคลอรีน (Cl_2) แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นต้น

4.3) สารที่ไม่ละลาย หมายถึงสารที่มีความสามารถในการละลายในสารอื่นได้น้อยกว่า 0.1 กรัมต่อตัวทำละลาย 100 กรัม เช่น กำมะถัน (S_8) เหล็ก (Fe) เป็นต้น

5) จัดสารเป็นกลุ่มโดยใช้เนื้อสารเป็นเกณฑ์ สามารถแยกสารออกเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ 2 กลุ่ม ดังนี้

โดยส่วนใหญ่การจัดจำแนกสารนักวิทยาศาสตร์เคมี จะใช้เกณฑ์ในการจำแนกสารโดยใช้เนื้อสารเป็นเกณฑ์ ดังแสดงในรูปที่ 2.4 และจากรูปที่ 2.4 สามารถจัดกลุ่มสารโดยใช้เกณฑ์ย่อยดังนี้



รูปที่ 2.4 การแบ่งกลุ่มโดยใช้เนื้อสารเป็นเกณฑ์
ที่มา : Tuemaster, 2565

5.1) แบ่งตามเกณฑ์เนื้อสาร

5.1.1) สารเนื้อเดียว (Homogenous matter) หมายถึง สารที่มองเห็นเป็นเนื้อเดียวกันและมีสมบัติเหมือนกันตลอดทุกส่วน เมื่อเรามองด้วยตาเปล่าเป็นสารเนื้อเดียวอาจจะไม่ใช่สารเนื้อเดียวก็ได้ กรณีนี้ต้องใช้วิธีการทดลอง เพื่อทดสอบสมบัติของสาร เช่น หาจุดหลอมเหลวของแต่ละส่วน นำแต่ละส่วนไปละลายในตัวทำละลาย เป็นต้น ถ้าทุก ๆ ส่วนของสารนั้นมีสมบัติเหมือนกันหมด จึงเป็นสารเนื้อเดียว เช่น ของผสมระหว่างเกลือและลูกเหม็นที่มีจุดหลอมเหลวต่างกัน ละลายน้ำได้ต่างกันก็ไม่ใช่สารเนื้อเดียว เพราะแต่ละส่วนมีองค์ประกอบต่างกัน สารเนื้อเดียวพบได้ทั้ง 3 สถานะ ดังนี้

(1) สารเนื้อเดียวสถานะของแข็ง เช่น เกลือแกง น้ำตาลทราย ทองคำ นาก ทองเหลือง ฟิวส์ เป็นต้น

(2) สารเนื้อเดียวสถานะของเหลว เช่น ปรอท น้ำเชื่อม น้ำประปา น้ำมันเชื้อเพลิง เป็นต้น

(3) สารเนื้อเดียวสถานะแก๊ส เช่น อากาศ แก๊สโอโซน แก๊สธรรมชาติ เป็นต้น

5.1.2) สารเนื้อผสม (Heterogenous matter) หมายถึง สารที่มองเห็นไม่เป็นเนื้อเดียวกัน หรือสมบัติไม่เหมือนกันทุก ๆ ส่วน ตัวอย่างสารเนื้อผสม เช่น สารแขวนลอยต่าง ๆ คอนกรีต พริกปนกับเกลือ เป็นต้น สารเนื้อผสมมีได้ทั้ง 3 สถานะเช่นเดียวกับสารเนื้อเดียว ดังนี้

(1) สารเนื้อผสมสถานะของแข็ง เช่น หินแกรนิต หินอ่อน คอนกรีต เป็นต้น

(2) สารเนื้อผสมสถานะของเหลว เช่น น้ำคลอง น้ำโคลน น้ำส้มคั้น น้ำจิ้มไก่ เป็นต้น

(3) สารเนื้อผสมสถานะแก๊ส เช่น ฝุ่นละออกในอากาศ เขม่า ควันจากท่อไอเสีย เป็นต้น

5.2) แบ่งตามความบริสุทธิ์ของสาร

5.2.1) สารไม่บริสุทธิ์หรือเรียกอีกอย่างว่าสารผสม (Mixer) เป็นสารเนื้อเดียวหรือสารเนื้อผสมที่ประกอบด้วยสารบริสุทธิ์หรือไม่บริสุทธิ์ ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปด้วยอัตราส่วนที่ไม่แน่นอน ไม่มีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้น สารที่เกิดใหม่จะมีสมบัติไม่คงที่ขึ้นอยู่กับปริมาณของสารที่นำมาผสมกัน ได้แก่ สารละลาย คอลลอยด์ และสารแขวนลอย

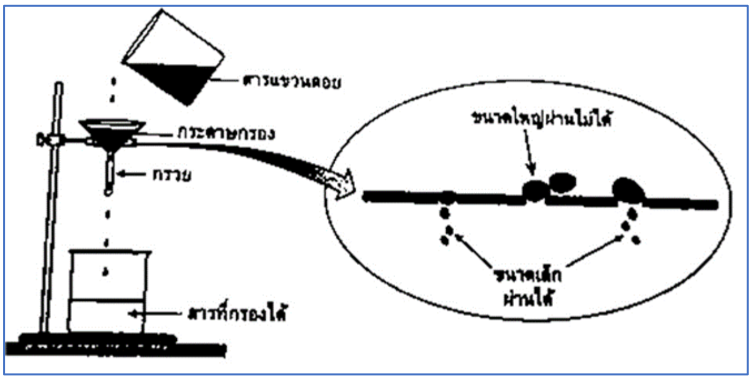
(1) สารแขวนลอย (Suspension) เป็นสารผสมที่ประกอบด้วยสารที่อนุภาคของแข็งมีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 0.0001 เซนติเมตรหรือ 1×10^{-4} เซนติเมตร (ประดับ นาคแก้ว และคณะ, 2550) หรือมากกว่า 1 ไมโครเมตร (1×10^{-6} เมตร) กระจายตัวอยู่ในสารอีกชนิดหนึ่งมีสถานะเป็นของเหลว ซึ่งเรียกว่าตัวกลาง มีลักษณะเป็นสารเนื้อผสมที่อนุภาคไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกัน สามารถมองเห็นส่วนผสมได้ชัดเจน อาจแขวนลอยอยู่ในของเหลวหรือตกตะกอนเมื่อตั้งทิ้งไว้ แต่สารแขวนลอยบางชนิดอาจมีอนุภาคของแข็งที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่กว่า 1 ไมครอนเล็กน้อย ทำให้ผสมกลมกลืนกันมองเก็นเสมือนเป็นเนื้อเดียวกันได้ อาจแยกอนุภาคของสารแขวนลอยได้โดยการนำสารไปกรองผ่านกระดาษกรองซึ่งมีขนาดรูพรุนบนกระดาษกรองเท่ากับ 1×10^{-4} เซนติเมตร ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าขนาดของอนุภาคในสารแขวนลอย ทำให้อนุภาคสารแขวนลอยไม่สามารถผ่านกระดาษกรองได้ ตัวอย่างของสารแขวนลอย เช่น ผงถ่านในน้ำ น้ำโคลน น้ำส้มคั้น น้ำจิ้มไก่ แป้งมันในน้ำ ทับทิมกรอบในน้ำกะทิ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 2.5 – 2.6

ก.

ข.

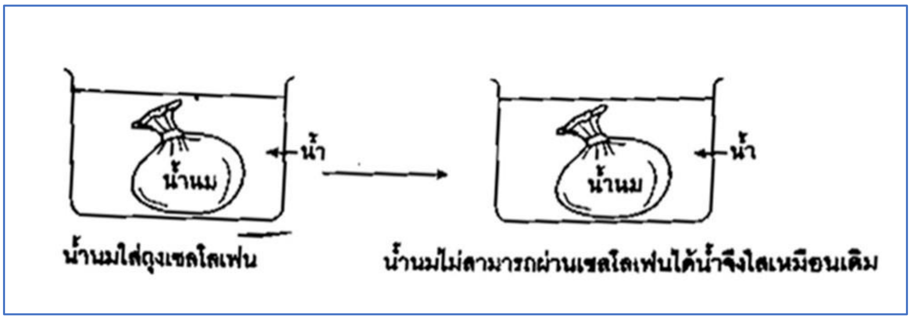
รูปที่ 2.5 สารแขวนลอยชนิดต่าง ๆ

ก. น้ำโคลน ข. ทับทิมกรอบในน้ำกะทิ



รูปที่ 2.6 ลักษณะอนุภาคของสารแขวนลอยเมื่อผ่านกระบวนการกรองด้วยกระดาษกรอง

(2) คอลลอยด์ (Colloid) เป็นสารผสมที่ประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็ก มีเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 1 x 10^{-7} ถึง 1 x 10^{-4} เซนติเมตร (เรียกว่าอนุภาคคอลลอยด์) กระจายอยู่ในสารอีกชนิดหนึ่งซึ่งเป็นตัวกลาง อนุภาคของคอลลอยด์สามารถกรองออกจากตัวกลางได้โดยใช้เซลโลเฟน แต่ไม่สามารถกรองออกได้ด้วยกระดาษกรอง เพราะอนุภาคคอลลอยด์มีขนาดอนุภาคเล็กกว่าขนาดของรูพรุนกระดาษกรอง แต่มีขนาดใหญ่กว่าขนาดรูพรุนของเซลโลเฟน ดังแสดงในรูปที่ 2.7 สามารถแบ่งคอลลอยด์ออกได้เป็น 6 ชนิดย่อย ๆ (ศุภาวิตา จรรยา, 2563) ดังนี้



รูปที่ 2.7 ลักษณะอนุภาคของคอลลอยด์เมื่อผ่านเซลโลเฟน

(2.1) ซอล (Sol) เป็นคอลลอยด์ที่ประกอบด้วยอนุภาคสารที่เป็นของแข็งแทรกตัวอยู่ในตัวกลางที่เป็นของเหลว เช่น น้ำแป้ง ยาลดกรดที่ทำมาจากแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ($Mg(OH)_2$) ในน้ำ กำมะถันกระจายอยู่ในน้ำ เป็นต้น

(2.2) เจล (Gel) เป็นคอลลอยด์ที่เกิดจากอนุภาคของของแข็งซึ่งมีโมเลกุลขนาดใหญ่กระจายอยู่ในตัวกลางที่เป็นของเหลว และมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของอนุภาคคอลลอยด์ มักจะมีลักษณะเหนียวหนืดทำให้มองเห็นเป็นก้อนได้ เช่น แยม วุ้น เยลลี่ แป้งเปียก ยาสีฟัน เป็นต้น

(2.3) อิมัลชัน (Emulsion) เป็นคอลลอยด์ที่ประกอบด้วยอนุภาคสารที่เป็นของเหลวที่ไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกัน แทรกตัวอยู่ในตัวกลางที่เป็นของเหลว แต่ถูกทำให้รวมกันโดยมีการเติมสารที่เป็นตัวประสานที่เรียกว่า อีมัลซิฟายเออร์ (Emulsifier) หรือ อีมัลซิฟายอิงเอเจนต์ (Emulsifying agent) โดยสารที่ทำหน้าที่เป็นตัวประสาน จะทำให้อนุภาคของของเหลวทั้งสองชนิดสามารถกระจัดกระจาย

แทรกกันอยู่ได้ ตัวอย่างอีมัลชันที่พบในชีวิตประจำวัน ได้แก่ น้ำสลัด (น้ำมันพืชกับน้ำส้มสายชู) ใช้ไข่แดงเป็นตัวประสาน การขจัดคราบไขมันออกจากเสื้อผ้า (ไขมันกับน้ำ) ใช้ผงซักฟอกเป็นตัวประสาน เป็นต้น

(2.4) แอโรซอล (Aerosol) เป็นคอลลอยด์ที่ประกอบด้วยอนุภาคสารที่เป็นของแข็งหรือของเหลวแทรกตัวอยู่ในตัวกลางที่เป็นแก๊ส เช่น เมฆ ควัน ละอองสเปรย์ และหมอก เป็นต้น

(2.5) โฟมของเหลว (Liquid form) เป็นคอลลอยด์ที่ประกอบด้วยอนุภาคสารที่เป็นก๊าซกระจายตัวอยู่ในตัวกลางที่เป็นของเหลว เช่น ฟองสบู่ ครีมโกนหนวด โฟมล้างหน้า เป็นต้น

(2.6) โฟมของแข็ง (Solid form) เป็นคอลลอยด์ที่เกิดจากอนุภาคของแก๊สกระจายอยู่ในของแข็ง เช่น ฟองน้ำถูตัว เม็ดโฟม ขนมถ้วยฟู ไข่เจียว เป็นต้น

คอลลอยด์เป็นสารที่พบได้ในชีวิตประจำวัน บางชนิดนำไปใช้ประโยชน์ เช่น น้ำกะทิ น้ำสลัด หรือสารซักล้าง ยกตัวอย่างคอลลอยด์ชนิดต่าง ๆ ที่พบในชีวิตประจำวัน ดังตารางที่ 2.5 และรูปที่ 2.8

ตารางที่ 2.5 คอลลอยด์ในชีวิตประจำวัน

คอลลอยด์	สถานะของสารในตัวกลาง	สถานะของตัวกลาง
กาวลาเท็กซ์ น้ำสลัด	ของเหลว	ของเหลว
หมอก	ของเหลว	แก๊ส
เยลลี่ เนยแข็ง	ของแข็ง	ของเหลว
ไข่ขาวที่ตีจนฟู	แก๊ส	ของเหลว
โฟม	แก๊ส	ของแข็ง
น้ำหมึก สีทาบ้าน	ของแข็ง	ของเหลว
ควัน ฝุ่นละออง	ของแข็ง	แก๊ส

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2548)

รูปที่ 2.8 ตัวอย่างคอลลอยด์ในชีวิตประจำวัน

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2548)

(3) สารละลาย (Solution) เป็นสารเนื้อเดียวที่ประกอบด้วยสารบริสุทธิ์ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปผสมกันด้วยอัตราส่วนที่ไม่แน่นอน ไม่มีปฏิกิริยาเกิดขึ้น สารที่เกิดขึ้นจากการผสมจะมีคุณสมบัติไม่คงที่ขึ้นอยู่กับปริมาณของสารบริสุทธิ์ที่นำมาผสมกัน สารละลายประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ตัวทำละลาย (Solvent) และตัวละลาย (Solute) ขนาดอนุภาคของสารละลายจะมีขนาดเล็กกว่า 1×10^{-7} เซนติเมตร ไม่สามารถกรองได้ด้วยกระดาษกรองและเซลโลเฟน สามารถจำแนกชนิดของสารละลายได้ดังนี้

(3.1) จำแนกตามสถานะได้ 3 ชนิด คือ

(3.1.1) สารละลายที่เป็นของแข็ง หมายถึง สารละลายที่มีตัวทำละลายมีสถานะเป็นของแข็ง เช่น ทองเหลือง นาก โลหะบัดกรี สัมฤทธิ์ เป็นต้น

(3.1.2) สารละลายที่เป็นของเหลว หมายถึง สารละลายที่มีตัวทำละลายมีสถานะเป็นของเหลว เช่น น้ำเชื่อม น้ำหวาน น้ำเกลือ น้ำปลา น้ำส้มสายชู น้ำอัดลม เป็นต้น

(3.1.3) สารละลายที่เป็นแก๊ส หมายถึง สารละลายที่มีตัวทำละลายมีสถานะเป็นแก๊ส เช่น อากาศ แก๊สหุงต้ม ลูกเหม็นในอากาศ ไอน้ำในอากาศ เป็นต้น

(3.2) จำแนกตามปริมาณตัวละลายได้ 4 ชนิด คือ

(3.2.1) สารละลายอิ่มตัว (Saturated Solution) หมายถึง สารละลายที่มีตัวละลาย ละลายอยู่เต็มที่ในหนึ่งหน่วยปริมาตรของตัวทำละลาย และในสารละลายมักมีตัวละลายเหลืออยู่ สารละลายต่างชนิดกันมีจุดอิ่มตัวต่างกันที่อุณหภูมิคงที่ เนื่องจากสมบัติการละลายได้ของตัวละลายแต่ละชนิด เช่น ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) มีความสามารถในการละลายต่อน้ำ 100 กรัมเท่ากับ 36 กรัม แต่แคลเซียมคาร์บอเนต มีความสามารถในการละลายต่อน้ำ 100 กรัมเท่ากับ 0.0013 กรัม

หากนำสารละลายอิ่มตัวมาทำให้เกิดการละลายได้มากกว่าขึ้นด้วยการเพิ่มอุณหภูมิให้แก่สารละลายสารละลายอิ่มตัวจะสามารถละลายตัวละลายเพิ่มขึ้นได้อีกเล็กน้อย แล้ววางทิ้งไว้ให้เย็นตัว โดยไม่ถูกรบกวน สารละลายที่ได้นี้เรียกว่าสารละลายอิ่มตัวยวดยิ่ง (Supersaturated solution) หากในขณะสารเย็นตัวโดยรบกวนโดยการเขย่าหรือเหตุอื่น ๆ จะทำให้ส่วนที่ละลายเกินจุดอิ่มตัวนี้ตกผลึกลงมาทันที ดังแสดงในรูปที่ 2.9

รูปที่ 2.9 การเกิดผลึกของสารละลายอิ่มตัวยวดยิ่งเมื่อถูกรบกวน

(3.2.2) สารละลายไม่อิ่มตัว (Unsaturated Solution) หมายถึงสารละลายที่มีตัวละลาย ละลายอยู่น้อยกว่าปกติที่ควรละลายได้ในหนึ่งหน่วยปริมาตรของตัวทำละลาย เมื่อใส่ตัวละลายลงไปอีกจะสามารถละลายได้อีก

(3.2.3) สารละลายเข้มข้น (Concentrate Solution) หมายถึงสารละลายที่มีปริมาณตัวละลายค่อนข้างสูงในหนึ่งหน่วยปริมาตรของตัวทำละลาย สามารถเติมตัวละลายลงไปได้อีกเล็กน้อยก่อนกลายเป็นสารละลายอิ่มตัว

(3.2.4) สารละลายเจือจาง (Dilute Solution) หมายถึงสารละลายที่มีปริมาณตัวละลายอยู่ในปริมาณน้อยในหนึ่งหน่วยปริมาตรของตัวทำละลาย เตรียมได้จากการเติมตัวทำละลายลงไปเพิ่มในสารละลายเข้มข้นตามความเข้มข้นที่ต้องการ

5.2.2) สารบริสุทธิ์ (Pure substance) สารบริสุทธิ์ จัดอยู่ในประเภทสารเนื้อเดียว ที่ประกอบด้วยสารเพียง 1 ชนิด ไม่มีสารอื่นเจือปน อาจจะอยู่ในรูปของอะตอม หรือโมเลกุล สามารถแบ่งย่อยได้อีก 2 กลุ่ม ดังนี้

(1) ธาตุ (Element) เป็นสารบริสุทธิ์ที่ประกอบด้วยอะตอมเพียงชนิดเดียว ธาตุจึงไม่สามารถแบ่งย่อยลงไปได้อีกเนื่องจากอะตอมทั้งหมดในสารนั้นเป็นชนิดเดียวกัน อะตอมของธาตุบางชนิดอยู่รวมกันเป็นผลึก เช่น ธาตุเหล็ก (Fe) ธาตุทองคำ (Au) ธาตุสังกะสี (Zn) ธาตุเงิน (Ag) เป็นต้น ธาตุบางชนิดมีอะตอมอยู่รวมกันเป็นโมเลกุลเรียกว่า โมเลกุลของธาตุ เช่น ธาตุออกซิเจน (O_2) ธาตุไนโตรเจน (N_2) ธาตุคลอรีน (Cl_2) ธาตุฟอสฟอรัส (P_4) ธาตุกำมะถัน (S_8) เป็นต้น ธาตุบางชนิดอะตอมจะอยู่อย่างอิสระเพียงลำพัง เช่น ธาตุฮีเลียม (He) ธาตุนีออน (Ne) และธาตุอาร์กอน (Ar) ซึ่งจัดเป็นธาตุเฉื่อย ซึ่งปัจจุบันมี

การค้นพบธาตุใหม่ขึ้นเรื่อย ๆ จนปัจจุบันมีธาตุในตารางธาตุทั้งสิ้น 118 ธาตุ นักวิทยาศาสตร์ใช้สมบัติทางกายภาพจำแนกธาตุออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

(1.1) โลหะ (Metals) เป็นธาตุที่มีมากที่สุด ส่วนใหญ่มีสถานะของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ยกเว้นปรอท มีสมบัติทั่วไป คือ นำความร้อนได้ดี มีความเหนียว นำไฟฟ้าได้ดี ผิวเป็นมันวาวสะท้อนแสงได้ ตีเป็นแผ่นบางได้ เช่น เหล็ก (Fe) ทองคำ (Au) เงิน (Ag) เป็นต้น

(1.2) อโลหะ (Nonmetals) เป็นธาตุที่มีจำนวนมากรองลงมาจากโลหะมีทั้งสถานะของแข็ง ของเหลวและแก๊ส แต่ส่วนใหญ่จะมีสถานะแก๊สที่อุณหภูมิห้อง มีสมบัติตรงกันข้ามกับโลหะ คือ นำความร้อนและนำไฟฟ้าไม่ดีหรือไม่นำความร้อนและไม่นำไฟฟ้า มีความเปราะ เช่น ออกซิเจน (O) ไนโตรเจน (N) คลอรีน (Cl) เป็นต้น

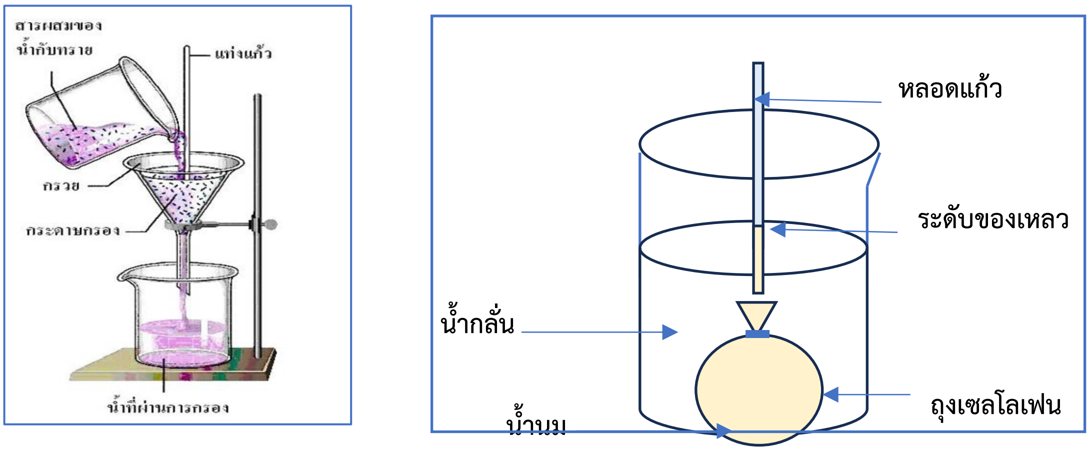
(1.3) กึ่งโลหะ (Metalloids) อาจเรียกได้ว่าสารกึ่งตัวนำ (Semiconductors) เป็นธาตุที่มีจำนวนน้อยมากมีสมบัติก้ำกึ่งระหว่างโลหะและอโลหะอยู่ในธาตุเดียวกันเมื่อสภาวะแวดล้อมต่างกัน เช่น พลวง (Sn) สารหนู (As) ซิลิคอน (Si) โบรอน (B) เป็นต้น

(2) สารประกอบ (Compounds) เป็นสารบริสุทธิ์ที่ประกอบด้วยอะตอมของธาตุตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปมารวมกันทางเคมีหรือแรงยึดเหนี่ยวทางเคมี (พันธะเคมี) ด้วยอัตราส่วนที่คงที่ เกิดเป็นสารชนิดใหม่ที่มีสมบัติแตกต่างไปจากเดิมอย่างเด่นชัด เช่น โลหะโซเดียม (Na) เป็นโลหะสีเงินอ่อน-ขาว กับแก๊สคลอรีน (Cl_2) เป็นแก๊สพิษสีเหลืองอมเขียว มีกลิ่นฉุน ว่องไวต่อปฏิกิริยา เมื่อนำมารวมกันทางเคมี จะได้สารประกอบโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) หรือเกลือแกง ซึ่งเป็นของแข็งสีขาว รสเค็ม ละลายน้ำได้ดี รับประทานได้ เป็นต้น โดยทั่วไปสัญลักษณ์ที่ใช้เขียนแทนชื่อสารประกอบจะอยู่ในรูปของสูตรโมเลกุลและสูตรอย่างง่าย (Tuemaster, 2565)

2.4 วิธีการแยกสารให้บริสุทธิ์

สารต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวเราส่วนใหญ่จะเป็นสารประกอบหรือสารเนื้อเดียวและสารเนื้อผสมซึ่งมีจำนวนมากมายหลายชนิด ด้วยเหตุนี้นักเคมีจึงได้ศึกษาและพยายามคิดค้นเครื่องมือหรือเทคนิคและวิธีการต่าง ๆ ที่สามารถจะทำการแยกสารให้บริสุทธิ์ได้ด้วยวิธีต่าง ๆ

1) การกรอง (Filtration) เป็นวิธีการแยกสารออกจากกันระหว่างของแข็งและของเหลว หรือใช้แยกสารแขวนลอยออกจากน้ำ ซึ่งใช้กันมากในทางเคมี โดยเฉพาะในห้องปฏิบัติการที่กรองสารในปริมาณน้อย ๆ โดยอาศัยขนาดของอนุภาคของแข็งในสารเนื้อผสมผ่านรูพรุนของวัสดุกรอง อนุภาคของแข็งที่ลอดผ่านรูกระดาษกรองหรือเซลโลเฟนไม่ได้จะอยู่บนกระดาษกรอง และด้านในของถุงเซลโลเฟน ส่วนน้ำและสารที่ละลายน้ำได้จะผ่านวัสดุกรองลงสู่ภาชนะ เช่น กระดาษกรอง และเซลโลเฟน เช่นการแยกถ่านกัมมันต์ออกจากสารละลายกรดเบนโซอิค ดังแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 การกรอง (ก) การกรองผ่านกระดาษกรอง (ข) การกรองผ่านเซลโลเฟน

ที่มา: Zumdahl, 2004

2) การตกผลึก (crystallization)

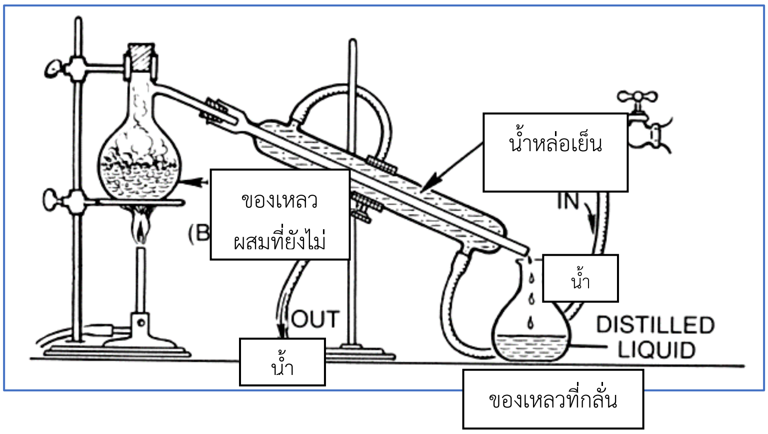
การตกผลึกเป็นการเป็นวิธีการหนึ่งที่ทำสารให้บริสุทธิ์ โดยการเปลี่ยนรูปของแข็งในรูปต่างๆให้อยู่ในรูปของผลึกและวิธีการนี้ใช้ได้ดีเมื่อมีสารเจือปนไม่มากนักโดยมีหลักการคร่าว ๆ ดังนี้นำสารที่เป็นของแข็งที่จะทำให้บริสุทธิ์ไปละลายในตัวทำละลายที่เหมาะสมที่อุณหภูมิสูงหรือที่จุดเดือดของตัวทำละลายนั้นจนกระทั่งได้สารละลายอิ่มตัวจากนั้นจึงกรองสารละลายขณะร้อน เพื่อกำจัดสิ่งเจือปนที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่ร้อนออกมาแล้วปล่อยให้สารละลายที่กรองได้เย็นตัวลง และค่อยๆเกิดการตกผลึกออกมานั้นคือสารที่ต้องการแยกเพียงชนิดเดียวเท่านั้น ส่วนสารอื่นๆที่เจือปนอยู่จะละลายในสารละลายที่เหลือแล้วจึงทำการล้างผลึกด้วยตัวทำละลายที่เย็นเพื่อกำจัดสิ่งเจือปนบริเวณผิวของผลึกจากนั้นจึงปล่อยให้ผลึกแห้ง (นาตยา งามโรจนวณิชย์และคณะ, 2548)

3) การกลั่น (distillation)

การกลั่น คือ กระบวนการที่ให้ความร้อนแก่ของเหลวให้กลายเป็นไอแล้วจึงควบแน่นกลับลงมาเป็นของเหลวอีกครั้ง โดยมีหลักการที่ว่าของเหลวแต่ละชนิดจะมีความดันไอคงที่ ที่อุณหภูมิคงที่ และเป็นสมบัติเฉพาะตัว ดังนั้นการกลั่นจึงเป็นวิธีที่สำคัญที่สุดที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการทำให้ของเหลวบริสุทธิ์

3.1) การกลั่นแบบธรรมดา (simple distillation)

การกลั่นแบบธรรมดาหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าการกลั่นอย่างง่ายเป็นการแยกสารที่ระเหยง่ายออกจากสารที่ระเหยยากออกจากกัน โดยทั่วไปถ้าของเหลวผสมกันและมีจุดเดือดต่างกัน 80°C ขึ้นไปจะนิยมแยกด้วยวิธีการกลั่นอย่างง่าย แสดงดังรูปที่ 2.11

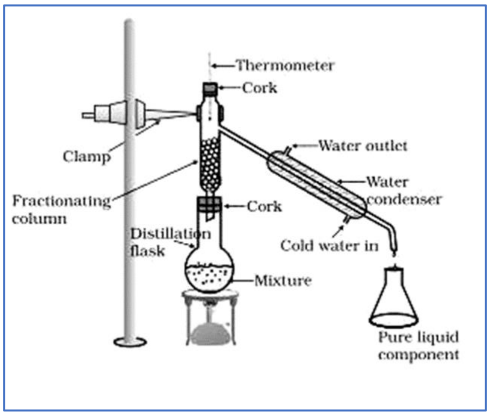


รูปที่ 2.11 การกลั่นแบบธรรมดา

ที่มา :Joan Tucker, 2018

3.2) การกลั่นลำดับสวน (fractional distillation)

การกลั่นลำดับส่วนเหมาะสมสำหรับการแยกสารของเหลวผสมที่มีความดันไอต่างกันไม่มาก หรือมีจุดเดือดของสารที่ใกล้เคียงกันมาก จึงต้องเก็บของเหลวที่กลั่นได้แยกออกเป็นส่วนๆ (fraction) แล้ว จึงนำแต่ละส่วนมากลั่นอย่างง่ายซ้ำอีกจนสามารถแยกของเหลวทั้ง 2 ชนิดให้บริสุทธิ์ได้ ดังรูปที่ 2.11



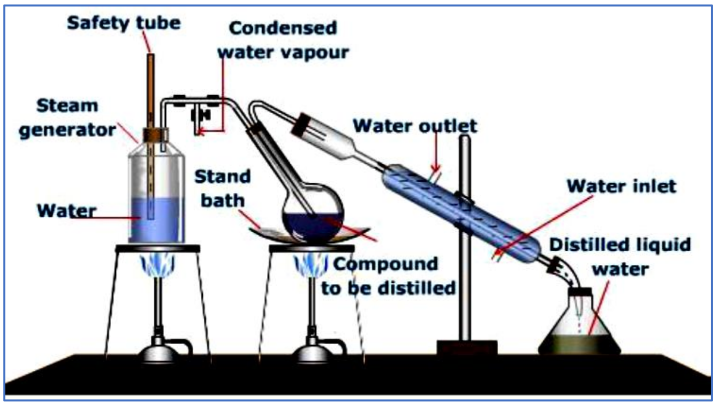
รูปที่ 2.12 การกลั่นแบบลำดับส่วน

ที่มา : Richa Choudhary, 2017

3.3) การกลั่นดวยไอน้ำ (steam distillation)

การกลั่นดวยไอน้ำ เหมาะสมสำหรับนำมาใช้แยกสารที่ไม่ต้องการให้ได้รับความร้อนสูงๆ หรือ แยกสารที่ระเหยได้แต่มีปริมาณน้อยออกจากสารที่ไม่ระเหยหรือเป็นยางเหนียว เช่น การแยกยูจีนอลจาก ดอกกานพลู เนื่องจากยูจีนอล (eugenol, 4-allyl-2-methoxyphenol)และมีโครงสร้างของโมเลกุลที่มี หมู่ฟังก์ชันเป็นสารประกอบฟีนอลและเป็นสารผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติที่เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมัน

หอมระเหยในดอกกานพลูจึงสามารถกลั่นได้ด้วยไอน้ำ(นาตยา งามโรจนวณิชย์และคณะ, 2548:87) ตัวอย่างชุดการกลั่นด้วยไอน้ำแสดงดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 การกลั่นด้วยไอน้ำ

ที่มา : Hesham H. A. Rassem et al, 2016

4) การสกัดดวยตัวทำละลาย (solvent extraction)

การสกัดด้วยตัวทำละลายเป็นการใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมละลายสารที่ต้องการออกมาจากของผสม มีหลายแบบในที่นี้จะยกตัวอย่างการสกัดแบบ liquid-liquid extraction ซึ่งนิยมสกัดแยกสารอินทรีย์ออกจากของผสม โดยตัวทำละลายอินทรีย์จะไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำนิยมทำในกรวยแยก (separatory funnel) แต่สามารถละลายสารที่ต้องการสกัดได้ดี แล้วตั้งทิ้งไว้ให้สารละลายแยกชั้นแสดงดังรูปที่ 2.13

รูปที่ 2.13 การสกัดด้วยตัวทำละลาย

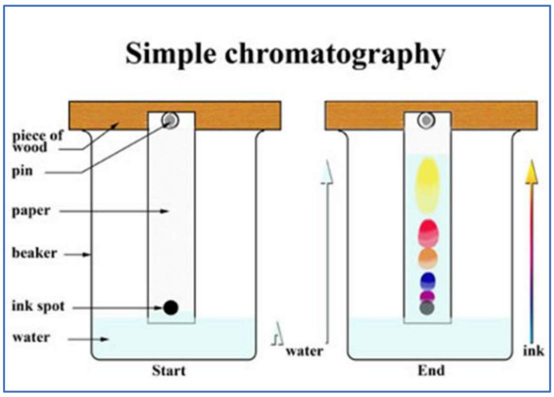
ที่มา : Wei Wei et al, 2016

5) โครมาโทกราฟ (chromatography)

โครมาโทกราฟี เป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมแยกสารให้บริสุทธิ์โดยอาศัยหลักการที่สารต่างชนิดกันจะกระจายตัว (distrtibution) อยู่ในเฟสคงที่(stationary phase)และเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) ได้ไม่เท่ากัน ดังนั้นเมื่อสารแต่ละตัวเคลื่อนที่ออกมาจากเฟสคงที่ได้แตกต่างกันจึงทำให้เกิดการแยกขึ้นส่วนเฟสที่เคลื่อนที่นั้นอาจจะเป็นแก๊สหรือของเหลวก็ได้ เทคนิคทางโครมาโทกราฟี อย่างง่าย มี 3 ชนิด

5.1) โครมาโทกราฟแบบกระดาษ (paper chromatography)

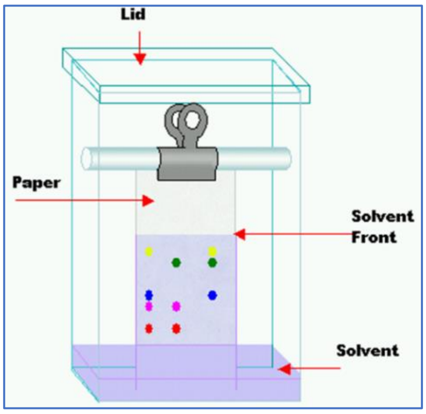
โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ เป็นโครมาโทกราฟีแบบแบ่งส่วนการแยกสารออกจากกัน เทคนิคนี้อาศัยสมบัติที่สารต่างชนิดกันละลายในตัวทำละลาย 2 ชนิด ซึ่งผสมเป็นเนื้อเดียวกันได้ไม่เท่ากัน เฟสคงที่เป็นเฟสของเหลวสภาพขั้วสูง นั่นคือน้ำที่ถูกดูดซับในกระดาษกรอง(เซลลูโลส) ส่วนเฟสเคลื่อนที่คือตัวทำละลายอินทรีย์ (ตัวทำละลายผสม) ดังนั้นสารที่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ได้ดีกว่าในน้ำก็จะเคลื่อนที่ได้เร็วกว่า ดังแสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 โครมาโทกราฟแบบกระดาษ (paper chromatography)

ที่มา : Ernest Z., 2014

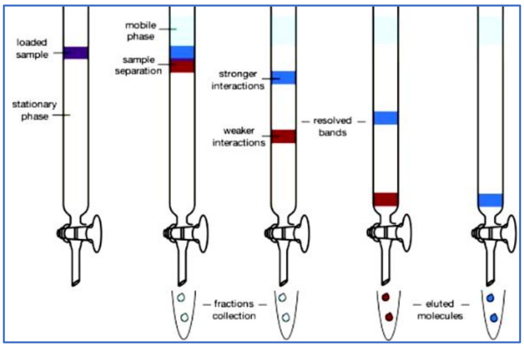
5.2) โครมาโทกราฟแบบชั้นเคลือบบาง (Thin layer chromatography)



รูปที่ 2.15 โครมาโทกราฟแบบเยื่อบาง (thin layer chromatography)

ที่มา Jiri Urban, 2009

5.3) คอลัมน์โครมาโทกราฟ (column chromatography)



รูปที่ 2.16 โครมาโทกราฟแบบเยื่อบาง (thin layer chromatography)

ที่มา Jiri Urban, 2009

2.5 บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง สารเคมีและอ่านฉลากสารเคมี

บทปฏิบัติการที่ 2

สารเคมีและอ่านฉลากสารเคมี

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักศึกษารู้จักการจำแนกสารเคมี
2. เพื่อให้นักศึกษาสามารถอ่านฉลากสารเคมีและนำไปใช้ได้อย่างถูกต้อง

หลักการ

สารเคมี (Chemicals)

เกรดสารเคมี (Reagent grade)

สารเคมีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการมีหลายเกรดแบ่งตามความบริสุทธิ์ของสาร การเลือกใช้ควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับงานเพื่อให้ได้ผลวิเคราะห์ที่ดีที่สุด เกรดสารเคมีโดยทั่วไปแบ่งเป็น 3 เกรด คือ

เกรดงานวิเคราะห์ (Analytical reagent, AR grade, Reagent grade)

คือ สารเคมีที่มีความบริสุทธิ์สูงมากถึง 99.9% มีสิ่งเจือปน (Impurities) น้อยหรือไม่เกิน 0.02% นอกจากนี้ยังต้องระบุปริมาณ และชนิดของสิ่งเจือปนไว้อย่างชัดเจน ใช้เตรียมสารละลายปฐมภูมิ (Primary standard) และใช้ในงานที่ต้องการความถูกต้องมาก ๆ

คำย่อของเกรดวิเคราะห์แตกต่างกันไปตามมาตรฐานของบริษัทผู้ผลิตในประเทศต่าง ๆ เช่น

AnalaR ผลิตในประเทศอังกฤษของบริษัท Hopkin and Williams

A.R. ผลิตในประเทศอังกฤษของบริษัท BDH chemicals

ACS ผลิตในประเทศสหรัฐอเมริกา

เกรดปฏิบัติการ (Laboratory reagent, Lab grade)

คือสารเคมีที่มีความบริสุทธิ์สูง มีปริมาณสิ่งเจือปนมากกว่าเกรดงานวิเคราะห์และใช้กับงานทั่วไป งานวิเคราะห์ในบางกรณี งานคุณภาพวิเคราะห์ และใช้เตรียมสารละลายมาตรฐานทุติยภูมิ (Secondary standard) สารเคมีเกรดนี้จะรวมถึงสารเคมีเกรดยา (Pharmaceutical grade) เช่น BP (British pharmacocia) BPC (British pharmaceutical Codex) และ USP (United States Pharmacopoeia) เป็นต้น

เกรดการค้า (Technical grade, Commercial grade)

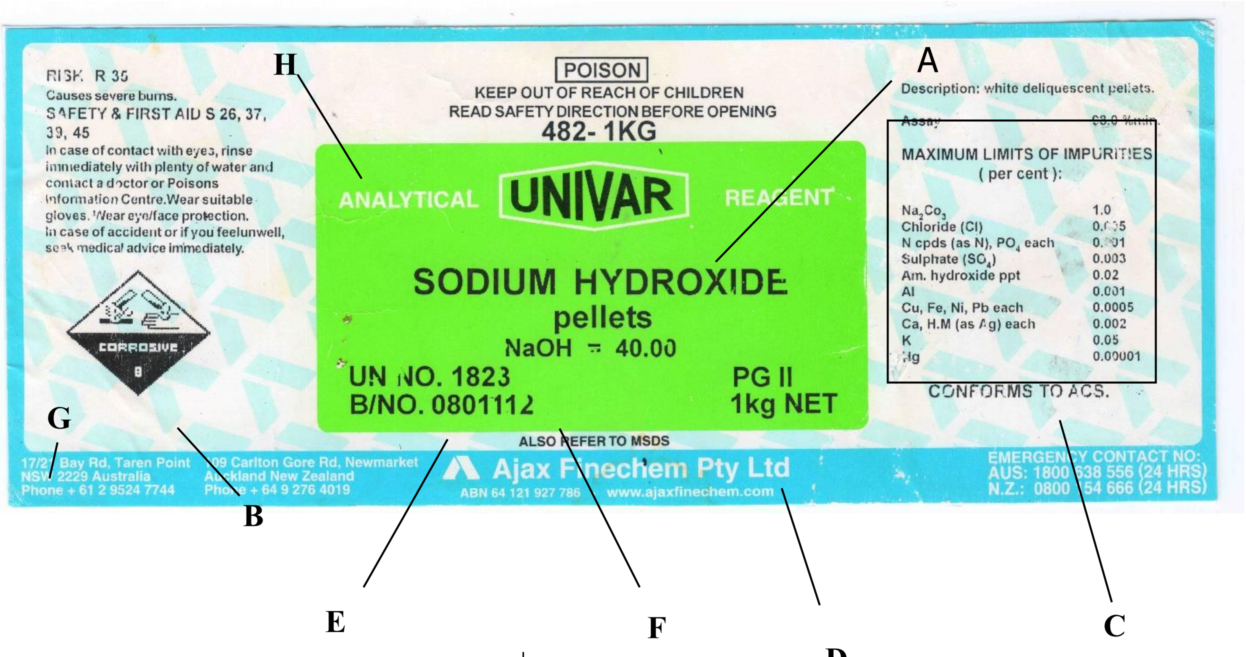
เป็นสารเคมีที่มีความบริสุทธิ์ต่ำ ใช้กับงานทดลองบางอย่าง เช่น การสังเคราะห์สารบางชนิด การทดลองที่ต้องการศึกษาการเปลี่ยนแปลงโดยไม่เน้นด้านปริมาณ เป็นต้น สารเคมีเกรดการค้ามักไม่ระบุเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์และมีราคาต่ำ

ฉลากสารเคมี

ผู้ใช้สารเคมีควรอ่านฉลากสารเคมีที่ต้องการใช้ให้ดีก่อนนำไปใช้เพื่อป้องกันการผิดพลาดและอันตรายที่อาจเกิดขึ้น โดยทั่วไปฉลากสารเคมีบนภาชนะบรรจุสารจะระบุสิ่งต่อไปนี้

1. บริษัทผู้ผลิต
2. ชื่อสารเคมี
3. เกรด
4. ปริมาณสารเคมีที่บรรจุในภาชนะ
5. สูตรโมเลกุลหรือสูตรโครงสร้างพร้อมมวลโมเลกุล
6. ข้อมูลอื่น ๆ เช่น ความบริสุทธิ์ (Assay) สิ่งเจือปน (Impurities)
7. Catalogue number และ Lot no.
8. สัญลักษณ์และคำเตือนสำหรับสารเคมีที่เป็นอันตราย

ตัวอย่างฉลากสารเคมีสำหรับสารเคมีที่เป็นอันตราย แสดงดังภาพ



A Product name and Description (ชื่อสารเคมี)

B Hazard statement (ข้อบ่งชี้อันตราย)

C Lot Analysis (ข้อมูลของเนื้อสารเคมี เช่น ความบริสุทธิ์ องค์ประกอบของน้ำเป็นต้น)

D Package size (ความจุของภาชนะบรรจุ)

E Lot number (รหัสประจำตัวสินค้าในแต่ละครั้งของการผลิต)

F Chemical formula and Molecular weight (สูตรโมเลกุลและน้ำหนักโมเลกุล)

G Country of origin (สถานที่ผลิต)

H Grade (เกรดสารเคมี)

สารเคมีและคำเตือน

ก่อนใช้นักศึกษาควรอ่านฉลากสารเคมีก่อน เพื่อป้องกันความผิดพลาดหรืออันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้ นอกจากชื่อสารเคมี เกรดสาร ปริมาณ สูตรเคมี น้ำหนักโมเลกุล ความหนาแน่นและอื่นๆ สิ่งสำคัญ คือ สัญลักษณ์อันตราย

สัญลักษณ์อันตราย มีหลายระบบในที่นี้ จะกล่าวถึงระบบ อี อี ซี (E.E.C European Economic Council) ของยุโรป ดังนี้

1. สารกัดกร่อน (Corrosive)	สารเคมีที่มีอำนาจกัดกร่อนทำลายอย่างรุนแรง เมื่อสัมผัสกับสารหรือไอสารจะสามารถทำลายเซลล์ กัดผิวหนัง เป็นรอยไหม้หรือคัน **ข้อควรระวัง** : ไม่สูดดมไอของสารประเภทนี้ หลีกเลี่ยงการสัมผัสกับดวงตาหรือเสื้อผ้า **ตัวอย่าง** : กรดเข้มข้น ด่างเข้มข้น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

2. สารระเบิด (Explosive) 	สารเคมีที่อาจก่อให้เกิดการระเบิดเมื่อได้รับความร้อน การสั่นสะเทือน การเสียดสีหรือมีประกายไฟ **ข้อควรระวัง** : หลีกเลี่ยงการได้รับความร้อน การสั่นสะเทือน การเสียดสีเปลวไฟ และประกายไฟ สำหรับสารที่บรรจุในภาชนะโดยถูกทำให้เปียกเพื่อลดอันตรายต้องระวังอย่าให้สารแห้ง **ตัวอย่าง** : แอมโมเนียมไดโครเมต กรดพิคริก
3. สารติดไฟ (Flammable) 	1. ของแข็งที่ติดไฟได้เองเมื่อสัมผัสกับอากาศ เช่น ฟอสฟอรัส 2. แก๊สไวไฟ เช่น บิวเทน ไฮโดรเจน อะเซทิลีน 3. ของเหลวไวไฟ มีอุณหภูมิจุดวาบไฟ (Flash point) ต่ำเช่น อะซิโตน มีจุดวาบไฟ -20°C, เบนซีน มีจุดวาบไฟ -11°C, ไดเอทิลอีเธอร์ มีจุดวาบไฟ -40°C, เอทานอล มีจุดวาบไฟ 13°C 4. ของแข็งที่ไวต่อความชื้น เกิดแก๊สที่ไวไฟมาก เมื่อสัมผัสกับน้ำหรือความชื้น เช่น แคลเซียมคาร์ไบด์ โลหะโซเดียม **ข้อควรระวัง** : ระวังความร้อน เปลวไฟ ประกายไฟ การสัมผัสอากาศหรือความชื้น
4. สารออกซิไดส์(Oxidizing) 	สารออกซิไดส์ที่เป็นสารอนินทรีย์จะสามารถให้ออกซิเจนออกมาช่วยการเผาไหม้ อาจก่อให้เกิดการลุกไหม้ เมื่อสัมผัสกับสารไวไฟหรือสารที่ติดไฟได้ ส่วนสารอินทรีย์ จะมีอันตรายกว่าเพราะอาจเกิดการระเบิด รุนแรง **ข้อควรระวัง** : เก็บไว้ให้ห่างจากสารไวไฟ หรือสารที่ติดไฟได้ง่าย
5. สารระคายเคือง (Irritant) 	สารเคมีที่ก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบหายใจ ผิวหนังหรือเนื้อเยื่อ โดยไม่มีผลที่รุนแรง อาจเห็นผลเมื่อสัมผัสหลาย ๆ ครั้ง **ข้อควรระวัง** : หลีกเลี่ยงการสูดไอหรือละอองสาร หลีกเลี่ยงการสัมผัสกับผิวหนังหรือดวงตา **ตัวอย่าง** : สารละลายแอมโมเนีย เบนซิลโบรไมด์

6. สารอันตราย(Harmful) 	สารเคมีที่ก่อให้เกิดอันตรายเมื่อเข้าสู่ร่างกายทางระบบหายใจ กิน หรือดูดซึมทางผิวหนัง **ข้อควรระวัง** : หลีกเลี่ยงการการสูดไอ หรือละอองสาร และการสัมผัสร่างกาย ไปพบแพทย์หากรู้สึกไม่ปกติ **ตัวอย่าง** : ไพริดิน ไตรคลอโรเอทิลีน คลอโรฟอร์ม
7. สารพิษ (Toxic) 	สารเคมีเป็นอันตรายร้ายแรงต่อชีวิต เมื่อเข้าสู่ร่างกายทางระบบหายใจ กิน หรือดูดซึมทางผิวหนัง อาจแสดงพิษอย่างเฉียบพลัน หรือมีการสะสมในร่างกายจนถึงระดับหนึ่ง จึงจะแสดงออกมา **ข้อควรระวัง** : หลีกเลี่ยงการการสูดไอหรือละอองสาร และการสัมผัสร่างกาย ไปพบแพทย์ทันทีหากรู้สึกไม่ปกติ **ตัวอย่าง** : อาร์เซนิกไตรคลอไรด์ เมทานอล ปรอท ฟีนอล แคดเมียม
8. สารกัมมันตรังสี (Radioactive) 	สารเคมีที่ให้กัมมันตภาพรังสีออกมาในปริมาณที่มากกว่า 0.002 μCi/g (ไมโครคูรีต่อกรัม) ซึ่งสามารถทำลายเซลล์ที่ทำหน้าที่สร้างเม็ดโลหิตหรือการเปลี่ยนแปลงพันธุ์ได้ **ข้อควรระวัง** : เก็บในภาชนะที่เหมาะสมและมิดชิด หลีกเลี่ยงการอยู่ในบริเวณที่มีสารกัมมันตรังสีโดยไม่จำเป็น ควรสวมหน้ากากกรองอากาศ หรือถุงมือยางและเสื้อคลุมเมื่อใช้สารประเภทนี้ **ตัวอย่าง** : ยูเรเนียมออกไซด์ ทอเรียมไนเทรต
9. สารที่มีพิษต่อสิ่งแวดล้อม (Dangerous for the environment) 	สารเคมีที่ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตเมื่อปล่อยลงสู่สิ่งแวดล้อม อาจจะเกิดอันตรายในระยะสั้น หรือระยะยาวต่อสิ่งแวดล้อม **ข้อควรระวัง** : ควรจะมีการจัดการ หรือการบำบัดให้ลดอันตรายลง ให้อยู่ในสภาพที่ไม่เป็นพิษก่อนปล่อยลงสู่สิ่งแวดล้อม **ตัวอย่าง :** สารประกอบคลอไรด์ คาร์บอนเตตระคลอไรด์

รายงานผลการทดลองที่ 2

สารเคมีและอ่านฉลากสารเคมี

หมู่ที่.............สาขาวิชา..คณะ...

ทำการทดลองวัน....................ที่.........เดือน.........................พ.ศ...................เวลา ....

ชื่ออาจารย์ผู้ควบคุมการทดลอง...

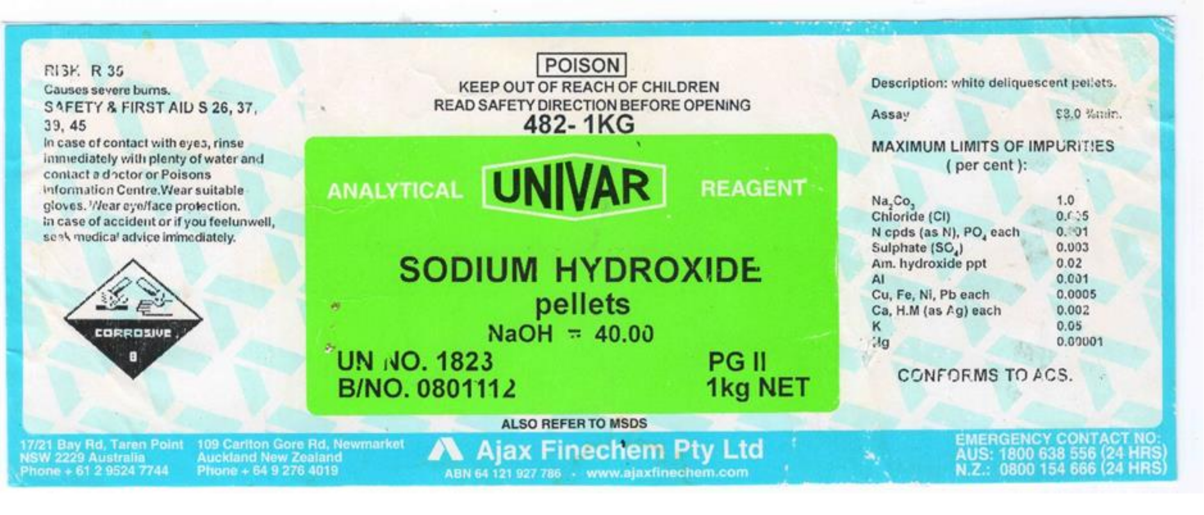
ผู้ทำการทดลอง..รหัสนักศึกษา..............................

ผู้ร่วมทำการทดลอง..รหัสนักศึกษา..............................

ผู้ร่วมทำการทดลอง..รหัสนักศึกษา..............................

ผลการทดลอง

หมายเลขของสารเคมี .... ชื่อสารเคมี ....



รายการที่ศึกษา	รายละเอียด
ชื่อสารเคมี	
สูตรโมเลกุล	
บริษัทผู้ผลิต	
เกรด	
ปริมาณสารเคมีที่บรรจุในภาชนะ	

รายการที่ศึกษา	รายละเอียด
ความบริสุทธิ์	
สิ่งเจือปน	
สัญลักษณ์อันตราย	
คำเตือน	

สรุปผลการทดลอง

อภิปรายผลการทดลอง

2.6 สรุป

วิชาเคมีจัดเป็นวิชาพื้นฐานที่มีความสำคัญต่อการศึกษาวิทยาศาสตร์ด้านอื่นๆ ดังนั้นจึงจำเปนตองมีความรูเกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพ เชน ความหนาแนน สี สถานะ การนำไฟฟา จุดหลอมเหลว จุดเดือด สำหรับสมบัติทางเคมี และการเปลี่ยนแปลงของสสารนั้น สสารสามารถจำแนกเปนสสารเนื้อเดียว สสารเนื้อผสม สารบริสุทธิ์ สารละลาย สารประกอบ และธาตุ รวมถึงวิธีการแยกสารใหบริสุทธิ์ ซึ่งสามารถทำไดหลายวิธี เชน การกรอง การตกผลึก การกลั่นแบบธรรมดา การกลั่นลำดับสวน และการกลั่นดวยไอน้ำ การสกัดดวยตัวทำละลาย โครมาโทกราฟแบบกระดาษแบบชั้นเคลือบบางและแบบคอลัมน ซึ่งจะชวยทำใหเกิดความรู้และเขาใจในการเรียนวิชาเคมีขั้นสูงต่อไปได้

2.7 แบบฝึกหัดท้ายบท

1. จงบอกความสำคัญของวิชาเคมีและการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน
2. การเปลี่ยนแปลงต่อไปนี้เป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพหรือทางเคมี

   ก. การตากผ้า ข. การเผากระดาษ

   ค. หลอมโลหะ ง. การเกิดสนิมเหล็ก

   จ. การจุดเทียนไข ฉ. เกลือละลายน้ำ
3. จากสารตัวอยางที่กำหนดใหจงบอกลักษณะเนื้อสาร

   ก. ฟิวส์ ข. น้ำสลัด

   ค. น้ำอัดลม ง. แก็สคาร์บอนมอนอกไซด์

   จ. ทองคำบริสุทธิ์ ฉ. เงิน
4. การกลั่นน้ำมันปิโตรเลียมใช้การกลั่นแบบใด
5. จงสรุปความแตกต่างการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและการเปลี่ยนแปลงทางเคมี
6. จงอธิบายหลักการแยกสารด้วยวิธีโครมาโทกราฟี
7. จงบอกวิธีการแยกสารตัวอยางที่ประกอบดวยสารสองชนิดที่กำหนดใหออกจากกัน

   ก) เกลือกับทราย

   ข) แอลกอฮอล์กับน้ำ

   ค) น้ำมันในผิวมะกรูด

   ง) น้ำกับแป้ง

2.8 เอกสารอ้างอิง

อุดมเกียรติ พรรธนประเทศ. (2539). **สารไอโอดีน.** วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 38(1), 59 – 68.

ศรีลักษณ์ ผลวัฒนะ. รัตนาภรณ์ อิทธิไพสิฐพันธุ์ และสุภาภรณ์ หรินทรนิตย์. (2545). **สื่อการเรียนรู้และเสริมสร้างทักษะตามมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 3 (ม.1 - ม.3)**. กรุงเทพมหานคร: นิยมวิทยา.

ประดับ นาคแก้ว, ดาวัลย์ เสริมบุญสุข และวัชวัลย์ ครุฑไชยันต์. (2550). **หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานวิทยาศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 3 ม.1**. กรุงเทพมหานคร: แม็ค.

อนุสิษฐ์ เกื้อกูล. (2563). **ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสสาร.** สืบค้นเมื่อ 16 มิถุนายน 2566, จาก https://www.scimath.org/lesson-chemistry/item/8796-2018-09-21-02-07-24

อนุสิษฐ์ เกื้อกูล. (2560). **สารและสมบัติของสาร**. สืบค้นเมื่อ 16 กรกฎาคม 2566, จาก https://www.scimath.org/lesson-chemistry/item/7072-2017-05-26-15-27-24

โนรีรักษ์ ทีปะนะ. (2555). **สารและการเปลี่ยนแปลง**. สืบค้นเมื่อ 16 กรกฎาคม 2566, จาก https://www.gotoknow.org/posts/206102

ปิตุพร พิมพาเพชร. (2564). **การเปลี่ยนแปลงของสาร.** สืบค้นเมื่อ 16 กรกฎาคม 2566, จาก https://www.trueplookpanya.com/learning/detail/34037

อินทิรา หาญพงษ์พันธ์ และบัญชา พูลโภคา. (2556). **เอกสารประกอบการสอนเปิดประตูสู่มหาวิทยาลัย เรื่อง สารและสมบัติของสาร** [เอกสารไม่ได้ตีพิมพ์]. คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์. (2546). **การเปลี่ยนสถานะของน้ำ.** สืบค้นเมื่อ 17 กรกฎาคม 2566, จาก http://www.lesa.biz/earth/atmosphere/state-of-water.

Tuemaster. (2565). **สารและการจำแนก.** สืบค้นเมื่อ 17 กรกฎาคม 2566, จาก https://shorturl.asia/SdxXy

ถนัด ศรีบุญเรือง, กนิษฐา อุ่นอนันต์ และปิ่นศักดิ์ ชุมเกษียณ. (ม.ป.ป.). **สัมฤทธิ์มาตรฐานวิทยาศาสตร์ ม.1**. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพมหานคร: อักษรเจริญทัศน์ อจท.

ศุภาวิตา จรรยา. (2563). **สารละลาย สารแขวนลอย คอลลอยด์**. สืบค้นเมื่อ 6 สิงหาคม 2566, จาก https://www.scimath.org/lesson-chemistry/item/9425-2018-11-14-08-40-23.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2548). **หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐาน สารและสมบัติของสาร ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : คุรุสภาลาดพร้าว.

Zumdahl, S. S. (2004). **General Chemistry**. Retrieved January 12, 2018, from Website: http://college.hmco.com/chemistry/general/zumdahl/world_of_chem/1 e/instructors/ppt/figures/chap01.ppt.

Richa ChoudhAary. (2017). **Short Notes: Is Matter Around Us Pure: Separation Of Gases From Air/Fractional Distillation**. Retrieved January 12, 2018, from Website :https://school. eckovation.com/is-matter-around-us-pure/.

Joan Tucker. (2018). **Biology Lab Equipment List and Pictures New Pictures How to Set Up Distillation Apparatus**. Retrieved April 4, 2018, from ebsite:http://franksgourmetgrille.

Hesham H. A. Rassem, Abdurahman H. Nour, Rosli M. Yunus. (2016). **Techniques For Extraction of Essential Oils From Plants: A Review**. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 10(16) ,117-127.

Wei Wei., Chul-WoongCho., Sok Kim., Myung-HeeSong., John Kwame Bediako., Yeoung-SangYun. (2016). **Selective recovery of Au(III), Pt(IV), and Pd(II) from aqueous solutions by liquid–liquid extraction using ionic liquid Aliquat-336**. Journal of Molecular Liquids(216),18-24.

Ernest Z., (2014). **How does solubility affect chromatography**?. Retrieved February 8, 2018, from Website: https://socratic.org/questions/how-does-solubility-affect-Chromatography