สถาบัน THE BEST CENTER
2145/7 ซ.รามคำแหง 43/1 ถ.รามคำแหง แขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ 10240
โทร.0-2318-6868, 0-2314-1492 โทรสาร 0-2318-6274
www.thebestcenter.com facebook.com/bestcentergroup
คุณภาพทางวิชาการต้องมาที่ 1
คู่มือเตรียมสอบ

ดร.พิงทัพทอง บัวชุม
D.P.A. ปร.ด., ป.ด., ป.ม.รามฯ, ปม

นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ

กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น

ปี68

ความรู้ความสามารถทั่วไปและความสามารถที่ใช้เฉพาะตำแหน่ง

ขอบเขตเนื้อหาที่สอบ

1. ความรู้เกี่ยวกับเคมีทั่วไป ด้านอินทรีย์เคมี เคมีวิเคราะห์ อนินทรีย์เคมี และชีวเคมี
2. ความรู้เกี่ยวกับชีววิทยาทั่วไป ด้านชีววิทยา จุลชีววิทยา พฤกษศาสตร์ สัตวศาสตร์ พันธุศาสตร์ และชีวโมเลกุล
3. มาตรฐานห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวข้อง
4. ความรู้เกี่ยวกับสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์
5. ความรู้เกี่ยวกับการใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์
6. ความรู้เกี่ยวกับงานตาม “ลักษณะงานที่ปฏิบัติ” ของตำแหน่งที่สมัครสอบ

เนื้อหาเพิ่มเติมภายในเล่ม เช่น

- ☆ ระบบคุณภาพห้องปฏิบัติการ ISO 17025
- ☆ ระบบประกันคุณภาพการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ
- ☆ การจัดการห้องปฏิบัติการด้านความปลอดภัยและการจัดการสารเคมี
- ☆ ความรู้เกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หรือเทคนิคทางวิทยาศาสตร์
- ☆ ความรู้เกี่ยวกับการตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อม
- ☆ ความรู้เกี่ยวกับมาตรฐานคุณภาพน้ำ

สนใจสั่งซื้อ หรือสอบถามเพิ่มเติม โทร.081-496-8867
LINE: @thebestcenter
280.-

คู่มือสอบนักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ
กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น

รวบรวมและเรียบเรียงโดย.....

ฝ่ายวิชาการ สถาบัน THE BEST CENTER

ห้ามตัดต่อหรือคัดลอกส่วนใดส่วนหนึ่งของเนื้อหา

สงวนลิขสิทธิ์ตาม พ.ร.บ.ลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537

ราคา 280 บาท

จัดพิมพ์และจำหน่ายโดย

The Best Center InterGroup Co., Ltd.

บริษัท เดอะเบสท์ เซ็นเตอร์ อินเตอร์กรุ๊ป จำกัด

บริหารงานโดย ดร.สิงห์ทอง บัวชุมและอาจารย์จันทนี บัวชุม (ติวเตอร์กุ้ง ย่าน ม. ราม)

เลขที่ 2145/7 ซอยรามคำแหง 43/1 ถนนรามคำแหง แขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ 10240

โทรศัพท์.081-496-9907,0-2314-1492, 0-2318-6868 โทรสาร. 0-2718-6274 line id: @ thebestcenter

www.thebestcenter.com หรือ www.facebook.com/bestcentergroup

คู่มือสอบ
นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ
กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น

ราคา 280-.

คำนำ

สำหรับชุดคู่มือสอบสำหรับตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น เล่มนี้ ทางสถาบัน THE BEST CENTER และฝ่ายวิชาการของสถาบันได้เรียบเรียงขึ้น เพื่อให้ผู้สมัครสอบใช้สำหรับเตรียมสอบในการสอบแข่งขันฯในครั้งนี้

ทางสถาบัน THE BEST CENTER ได้เล็งเห็นความสำคัญจึงได้จัดทำหนังสือ เล่มนี้ขึ้นมา ภายในเล่มประกอบด้วยทุกส่วนที่กำหนดในการสอบ เจาะข้อสอบทุกส่วน พร้อมคำเฉลยอธิบาย มาจัดทำเป็นหนังสือชุดนี้ขึ้น เพื่อให้ผู้สอบได้เตรียมตัวอ่านล่วงหน้า มีความพร้อมในการทำข้อสอบ

ท้ายนี้ คณะผู้จัดทำขอขอบคุณทางสถาบัน THE BEST CENTER ที่ได้ให้การสนับสนุนและมีส่วนร่วมในการจัดทำต้นฉบับ ทำให้หนังสือเล่มนี้สามารถสำเร็จขึ้นมาเป็นเล่มได้ พร้อมกันนี้คณะผู้จัดทำขอน้อมรับข้อบกพร่องใดๆ อันเกิดขึ้นและยินดีรับฟังความคิดเห็นจากทุกๆท่าน เพื่อที่จะนำมาปรับปรุงแก้ไขให้ดียิ่งขึ้น

ขอให้โชคดีในการสอบทุกท่าน

ฝ่ายวิชาการ

สถาบัน The Best Center

www.thebestcenter.com

สารบัญ

- ความรู้เกี่ยวกับเคมีทั่วไป 1
- ความรู้เกี่ยวกับชีววิทยาทั่วไป 35
- ความรู้เกี่ยวกับมาตรฐานห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวข้อง 75
- ความรู้เกี่ยวกับสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 102
- ความรู้เกี่ยวกับเครื่องมือวิเคราะห์ทางเคมีและเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ 105
- ระบบคุณภาพห้องปฏิบัติการ ISO 17025 123
- ระบบประกันคุณภาพการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ 128
- การจัดการห้องปฏิบัติการด้านความปลอดภัยและการจัดการสารเคมี 134
- ความรู้เกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หรือเทคนิคทางวิทยาศาสตร์ 148
- ความรู้เกี่ยวกับการตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อม 152
- ความรู้เกี่ยวกับมาตรฐานคุณภาพน้ำ 164
  - แนวข้อสอบ ถาม-ตอบ การจัดการคุณภาพน้ำ 167
  - แนวข้อสอบความรู้ด้านชีววิทยาและจุลชีววิทยา 177
  - แนวข้อสอบความรู้พื้นฐานด้านเคมี 209
  - แนวข้อสอบนักวิทยาศาสตร์ ชุดที่ 1. 252
  - แนวข้อสอบนักวิทยาศาสตร์ ชุดที่ 2. 284

ความรู้เกี่ยวกับเคมีทั่วไป

➢ความรู้พื้นฐานเคมี

1.1 ขอบเขตและความสำคัญของวิชาเคมี

1.1.1 ความหมายของวิชาเคมี

เคมี(Chemistry) คือ วิทยาศาสตร์สาขาหนึ่ง ที่กล่าวถึงส่วนประกอบ (composition) และสมบัติของสสาร (properties of matter) ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงของสสาร (matter revolution) การเปลี่ยนแปลงของสสารนี้หมายถึง การเปลี่ยนแปลงทางส่วนประกอบของสสาร (matter composition) ทำให้เกิดสารใหม่ที่มีส่วนประกอบทางเคมีต่างจากสารเดิม ซึ่งถือเป็นการเปลี่ยนแปลงทางเคมี หรือเรียกอีกอย่างว่า เกิดปฏิกิริยาเคมี (chemical reaction) เมื่อสารมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น สภาพหลังการเปลี่ยนแปลงจะแตกต่างจากสภาพก่อนการเปลี่ยนแปลง รอบตัวเรามีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา เช่น น้ำระเหยเป็นไอน้ำ น้ำแข็งละลายเป็นน้ำ เมล็ดพืชงอกต้นไม้เจริญเติบโต เหล็กเป็นสนิมสีแดง ถ่านลุกไหม้บางครั้งการเปลี่ยนแปลงเป็นไปอย่างรวดเร็วเห็นได้ชัดบางครั้งการเปลี่ยนแปลงช้า ยากที่จะสังเกตเห็นได้ การที่น้ำระเหยเป็นไอ หรือน้ำแข็งละลายเป็นน้ำ เป็นการเปลี่ยนแปลงที่ไม่เหมือนกับ เหล็กเป็นสนิม หรือถ่านลุกไหม้ไอน้ำ หรือน้ำแข็งเป็นสารอย่างเดียวกัน เพียงแต่มีรูปร่างต่างกัน แต่เหล็กกับสนิมเป็นสารคนละชนิดที่มีสมบัติต่างกัน การเปลี่ยนแปลงซึ่งทำ ให้เกิดสารใหม่ที่มีส่วนประกอบทางเคมีต่างจากสารเดิม “เป็นการเปลี่ยนแปลงทางเคมี (chemical revolution)” ส่วนการที่น้ำเป็นไอเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ (physical revolution) ซึ่งไม่มีสารใหม่เกิดขึ้นวิชาเคมีเป็นความรู้ที่เกี่ยวข้องกับ สิ่งมีชีวิตในโลก (living thing in the world) คือ มนุษย์(human) และสัตว์(animal) ซึ่งเกี่ยวโยงถึงวัตถุ(object) หรือสารต่าง ๆ (matters) ที่ใช้ในชีวิตประจำวันของมนุษย์เช่น อาหาร (food)เครื่องนุ่งห่ม (clothes) ยารักษาโรค(medicine) และวัสดุก่อสร้างต่าง ๆ (construction materials)

การศึกษาวิชาเคมีประกอบด้วยกระบวนการ 3 ขั้น คือ 1. การสังเกต (observation) 2. การแสดงผล (representation) 3. การแปลความหมายข้อมูล (interpretation) ข้อมูลทางเคมีมักจะได้มาจากการสังเกตปรากฏการณ์ที่มีขนาดใหญ่แต่คำอธิบายมาจากโลกของอะตอมและโมเลกุลที่มองไม่เห็น วิชาเคมีมีบทบาทสำคัญร่วมกับวิทยาศาสตร์แขนงอื่นๆ ทั้งวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ (natural science) ซึ่งจะกล่าวถึง วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับสิ่งต่างๆ ตามธรรมชาติรอบตัวเราและวิทยาศาสตร์ประยุกต์(applied science)กล่าวถึง วิทยาศาสตร์ที่ว่าด้วยเรื่องราวต่างๆ ที่มุ่งประโยชน์ในทางปฏิบัติยิ่งกว่าทางทฤษฎีดังนั้นวิชาเคมี(chemistry) จึงเป็นวิทยาการที่น่าสนใจทำให้เราเรียนรู้ปรากฏการณ์ธรรมชาติ (natural phenomenon) และพฤติกรรมของสสารต่าง ๆ (matter behavior) ในชีวิตประจำวัน (everyday life) เราจึงจำเป็นต้องศึกษาเคมีเพื่อจะได้นำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในวิชาชีพ และในการดำรงชีวิตประจำวันของตัวเรา

1.1.2 **สาขาของวิชาเคมี**

ความรู้ทางเคมีโดยทั่วไป แบ่งได้เป็น 5 สาขาใหญ่ๆ ดังนี้

1. เคมีอินทรีย์ (Organic Chemistry) เป็นการศึกษาสารประกอบของธาตุคาร์บอน และปฏิกิริยาเคมีในสารประกอบของธาตุคาร์บอน และอื่น ๆ

2. เคมีอนินทรีย์ (Inorganic Chemistry) เป็นการศึกษาเรื่องของธาตุและสารประกอบ

3. เคมีฟิสิกส์ (Physical Chemistry) เป็นการศึกษาอัตราเร็วของปฏิกิริยากลไกต่างๆ ของการเกิดปฏิกิริยารวมทั้งศึกษาเรื่องของเทอร์มอไดนามิกส์

4. เคมีวิเคราะห์ (Analytical Chemistry) เป็นการศึกษาเรื่องของการเกิดปฏิกิริยาแล้วได้สารใดบ้าง (qualitative analysis) ในปริมาณมากน้อยเพียงใด (quantitative analysis)

5. ชีวเคมี (Biochemistry) เป็นการศึกษากรรมวิธีเคมีทางชีวภาพของธาตุ และสารประกอบในด้านของอาหาร ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน ศึกษา เมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน ของสิ่งมีชีวิต

1.1.3 **ประโยชน์ของวิชาเคมี**

เคมีเป็นสาขาหนึ่งของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ (natural science) โดยศึกษาเรื่องของสสารและโครงสร้างของสสาร ซึ่งประกอบอยู่บนโลกโดยมนุษย์ก่อนประวัติศาสตร์ได้ใช้ความร้อนจากไฟแยกโลหะออกจากกัน แต่ได้โลหะลักษณะไม่บริสุทธิ์ รู้จักเครื่องเคลือบดินเผา และอิฐ ทองคำ เป็นโลหะชนิดหนึ่งในหลาย ๆ ชนิดที่พบในโลกและอยู่ในสภาพอิสระ ประมาณ 300 – 3500 ปีก่อนคริสตศักราช มนุษย์ได้รู้จักบรอนซ์ได้พบวิธีทำ แก้ว อียิปต์เป็นชนชาติที่นำแก้วมาใช้เป็นเครื่องประดับในยุคก่อนคริสตศักราช มนุษย์ได้แสวงหายารักษาโรค โดยสกัดจากรากเปลือกไม้และส่วนอื่น ๆ ของพืช พาราเซลซัส (Paracelsus) จัดว่า เป็นคนแรกที่นำ เอาสารเคมีมาใช้เป็นยารักษาโรค นักวิทยาศาสตร์หลายท่าน มีความตั้งใจแน่วแน่ที่จะค้นคว้าหาความรู้ ค.ศ. 1627 – 1691 โรเบิร์ต บอยล์(Robert Boyle) เป็นนักวิทยาศาสตร์ที่มีชื่อเสียงมากในด้านพัฒนาความรู้เคมี ได้ศึกษาและพบว่าเมื่อนำโลหะไปเผาในอากาศ มวลของโลหะจะเพิ่มขึ้น ทำให้พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและความดันของแก๊ส เซอร์โรเบิร์ต โรบินสัน (Sir Robert Robinson) นักเคมีชาวอังกฤษ ได้สังเคราะห์สารทางยาที่มีประโยชน์ใช้รักษาโรคได้แก่สูตรโครงสร้างของโมเลกุลสติกนิน ศาสตราจารย์ลิวอิส (Professor Lewis) ได้อธิบายถึงเรื่องความรู้เกี่ยวกับ พันธะเคมีและเรื่องของกรดและด่าง วอลเลซ คาโรเทอร์ (Wallace H. Carothers) ได้พบไนลอน ศึกษาเรื่องโครงสร้างโปรตีน และบทบาทของยาสลบ นอกจากนี้ยังมีนักวิทยาศาสตร์ที่มีชื่อเสียงของโลกอีกเป็นจำนวนมากที่ค้นคว้าวิจัยด้านเคมีและนำเคมีมาใช้ประโยชน์จะเห็นได้ว่าอาหารที่เรารับประทาน เสื้อผ้าที่เราสวมใส่ยาที่เรารับประทานเพื่อรักษาโรคเครื่องใช้ต่าง ๆ ของอาคารบ้านเรือน ล้วนมาจากประโยชน์ของวิชาเคมีทั้งสิ้น ดังนั้น ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษาวิชาเคมีนั้นไม่เพียงแต่เป็นองค์ความรู้พื้นฐานเท่านั้น แต่ยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานในชีวิตประจำวัน ซึ่งเราไม่สามารถปฏิเสธได้เลยว่าสิ่งเหล่านั้นจำเป็นมากเพียงใด

1.2 สสาร และการเปลี่ยนแปลง

1.2.1 ความหมายและสถานะของสสาร

สสาร (matter) คือ สิ่งที่มีมวลต้องการที่อยู่มองเห็นและจับต้องได้เช่น โต๊ะ เก้าอี้ ดิน น้ำ ไม้และอื่นๆอีกมากมาย ส่วนสิ่งที่มองไม่เห็น เช่น อากาศ สสาร มีอยู่ทั่ว ไปรอบ ๆ ตัวเรามี 3 สถานะ คือ ของแข็ง (solid) ของเหลว (liquid) และแก๊ส (gas) นักวิทยาศาสตร์พยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับ สสาร มาตั้งแต่สมัยโบราณ สสารแบ่งออกเป็นหลายชนิด แต่ละชนิดย่อยๆ ของสสารเรียกว่า สาร (substance) เช่น เซลลูโลส เป็นสารที่พบในพืชคลอโรฟิลล์เป็นสารที่ทำให้ใบไม้มีสีเขียว แก๊สออกซิเจน และไนโตรเจน เป็นสารที่พบในอากาศ โลหะทองแดงเป็นสารที่ใช้เป็นตัวนำไฟฟ้าในสายไฟ สสารมีส่วนเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของเราทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่นอาหารที่เรารับประทานเข้าไป ไม่ว่าจะเป็นข้าว น้ำ พืช ผัก และผลไม้ล้วนแต่มีสารที่ให้พลังงานและแร่ธาตุต่างๆแก่ร่างกาย เมื่อเจ็บป่วยก็ต้องรักษาโดยการรับประทานยาที่ถูกกับโรค การพัฒนาและวิวัฒนาการเกี่ยวกับยารักษาโรค จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเข้าใจเกี่ยวกับสารที่ใช้ในการผลิตยาอย่างถ่องแท้ทุกแง่มุม นอกจากนี้ความรู้ความเข้าใจในสมบัติของสารยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆอีก เช่น การผลิตวัสดุอุปกรณ์สิ่งของเครื่องใช้สิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ การพัฒนาหาพลังงานทดแทน แหล่งพลังงานจากธรรมชาติที่กำลังจะหมดไป วิวัฒนาการให้มีแหล่งผลิตอาหารเพิ่มมากขึ้น การสร้างเครื่องมือใหม่ ๆ รวมถึงการส่งเสริมให้มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นในทุกๆด้าน

1.2.2 การจำแนกสสาร (Classification of Matter)

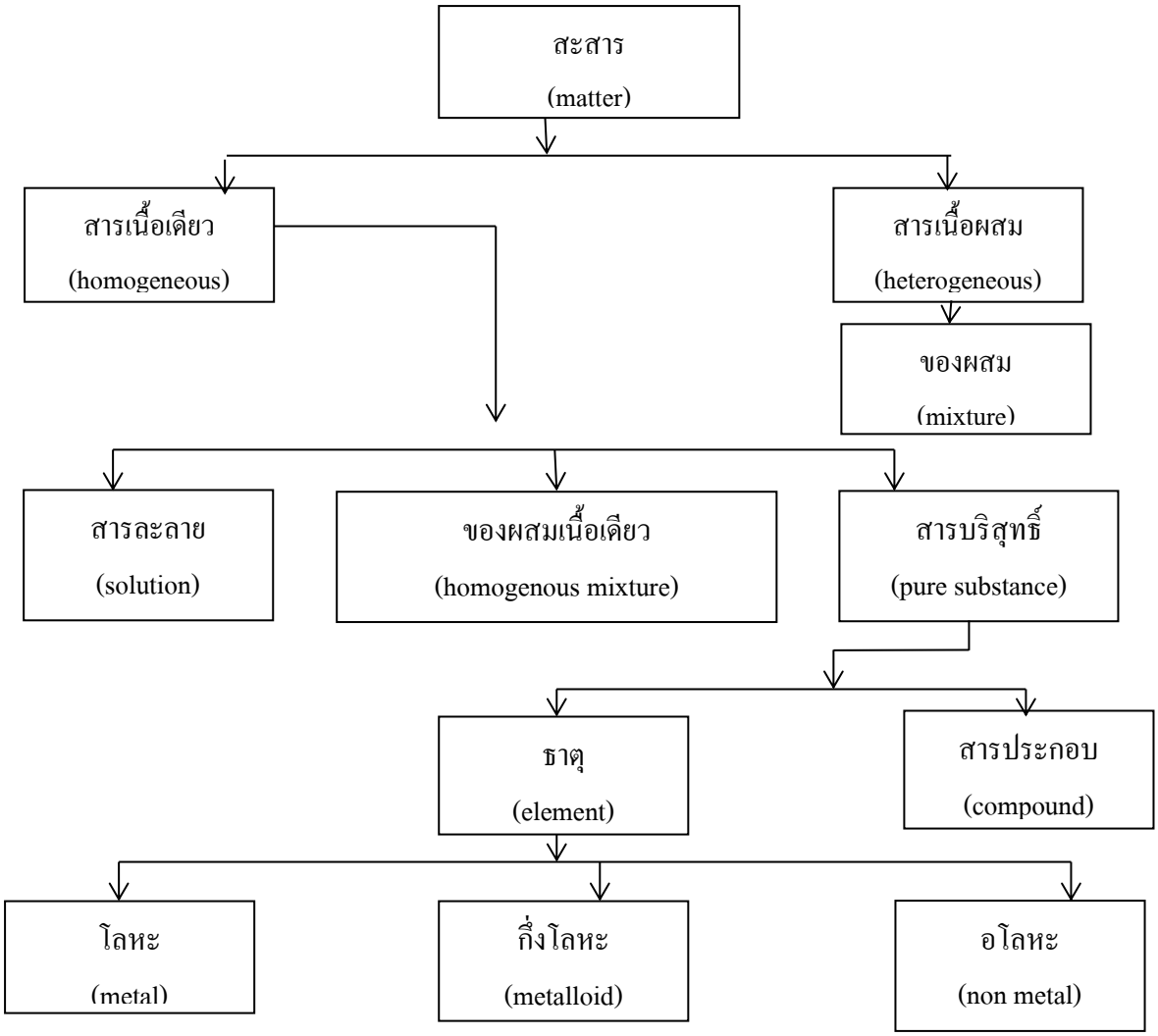
ในปัจจุบันมีการจำแนกหรือการจัดกลุ่มของสสารให้มีเป็นระเบียบเหมาะสมกับการใช้งานและความเข้าใจเกี่ยวกับกลไกและโครงสร้างของมันเองดังนั้นถ้าใช้สถานะเป็นเกณฑ์ในการจำแนกแล้ว สามารถจำแนกสสารได้เป็น 3 ประเภท คือ

1.ของแข็ง (solid) เป็นสารที่มีอนุภาคของสารอยู่ชิดกันอย่างหนาแน่น ของแข็งจึงมีรูปร่างแน่นอน รูปทรงของสารไม่ขึ้นกับรูปร่างของภาชนะที่ใช้บรรจุเช่น หิน แก้ว และเหล็ก เป็นต้น

2. ของเหลว (liquid) เป็นสารที่มีอนุภาคของสารจัดตัวอยู่อย่างหลวมๆ จึงทำให้ของเหลวมีรูปร่างไม่แน่นอน รูปร่างจะเปลี่ยนไปตามรูปร่างของภาชนะที่ใช้บรรจุเช่น น้ำ สารละลาย ปรอท เป็นต้น

3.แก๊ส (gas) เป็นสารที่มีอนุภาคของสารอยู่ห่างกันมากกว่า ของเหลว จึงเคลื่อนที่ได้ทุกทิศทางอย่างไม่เป็นระเบียบ ทำให้แก๊สเป็นสารที่มีรูปร่างและปริมาตรไม่แน่นอนสามารถขยายตัวหรือถูกบีบอัดให้มีรูปร่างและปริมาตรตามภาชนะที่ใช้บรรจุ เช่น แก๊สไนโตรเจน แก๊สออกซิเจน แก๊สไฮโดรเจน เป็นต้น

ดังนั้นจึงได้มีการจำแนกประเภทของสารตามลักษณะทางกายภาพของสาร โดยใช้เนื้อสารเป็นเกณฑ์ได้แสดงตามไดอะแกรมข้างล่างนี้



สารเนื้อเดียวหรือสารเอกพันธ์ (homogeneous substance) เป็นสสารที่มีเนื้อเดียวมีองค์ประกอบเหมือนกันทุกส่วน มีสมบัติแน่นอน ถ้านำ ส่วนหนึ่งส่วนใดของสารเนื้อเดียวไปทดสอบ จะแสดงสมบัติเหมือนกันทุกประการเช่น น้ำ น้ำเกลือ น้ำเชื่อม ทองคำ เงิน ทองแดง ผงชูรส น้ำตาลทรายและเกลือ เป็นต้น

สารเนื้อผสมหรือสารวิวิธพันธุ์ (heterogeneous substance) เป็นสสารที่มีองค์ประกอบไม่แน่นอนแต่ละองค์ประกอบเมื่อผสมกันจะไม่เกิดปฏิกิริยาเคมีและไม่กลมกลืนเป็นเนื้อเดียวกันสามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่าและแยกแต่ละองค์ประกอบจากกันได้โดยวิธีทางกายภาพ เช่น คอนกรีต น้ำคลองและพริกกับเกลือ เป็นต้น

สารละลาย (solution) เป็นสารเนื้อเดียวมีองค์ประกอบตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปมาผสมกันโดยองค์ประกอบที่มีปริมาณมากกว่า เรียกว่า ตัวทำละลาย (solvent)และองค์ประกอบที่มีปริมาณน้อยกว่า เรียกว่า ตัวถูกละลาย (solute) เช่น น้ำเชื่อม น้ำทะเล ทองเหลือง (ทองแดง ในสังกะสี)และน้ำโซดา (คาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ) เป็นต้น

สารบริสุทธิ์ (pure substance) เป็นสารเนื้อเดียวที่มีองค์ประกอบเพียงชนิดเดียวและมีองค์ประกอบทางเคมีที่แน่นอน มีสมบัติทางเคมีและกายภาพเฉพาะตัว เช่น จุดเดือดจุดหลอมเหลวคงที่ สารบริสุทธิ์อาจจะเป็นธาตุหรือสารประกอบก็ได้เช่น เหล็กคาร์บอน แก๊สไฮโดรเจน เกลือแกง แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ เป็นต้น

ของผสมเนื้อเดียว (homogeneous mixture) เป็นสารที่ประกอบด้วยสารบริสุทธิ์ ตั้งแต่สองชนิดขึ้นไป มี อัตราส่วนผสมต่าง ๆ กัน และแปรเปลี่ยนไปได้โดยไม่จำกัด เช่น อากาศที่เราหายใจ ประกอบด้วย แก๊สออกซิเจน ร้อยละ 21 ผสมกับแก๊สไนโตรเจนร้อยละ 78 และแก๊สอื่น ๆ อีกร้อยละ 1 (พวกแก๊สเฉื่อยและไอน้ำ)

ธาตุ (element) เป็นสารบริสุทธิ์ที่ประกอบด้วยอนุภาคเล็กที่สุดที่เป็นอะตอมชนิดเดียวกันตั้งหมด แต่ละอะตอมมีสมปดเหมือนกันทุกประการ และไม่สามารถแบ่งแยกออกเป็นสารอื่นได้ด้วยวิธีทางเคมี ธาตุที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติมี 92 ธาตุ และมีธาตุอีกจำนวนหนึ่งที่มักวิทยาศาสตร์สังเคราะห์ขึ้นจากห้องทดลอง ธาตุชนิดเดียวกันจะมีจำนวนโปรตอน และอิเล็กตรอนเท่ากัน ตัวอย่างธาตุที่เราคุ้นเคย ได้แก่ เหล็ก (Fe) ทองแดง (Cu) ตะกั่ว (Pb) ออกซิเจน ออกซิเจน (O2) และไฮโดรเจน (H2) เป็นต้น

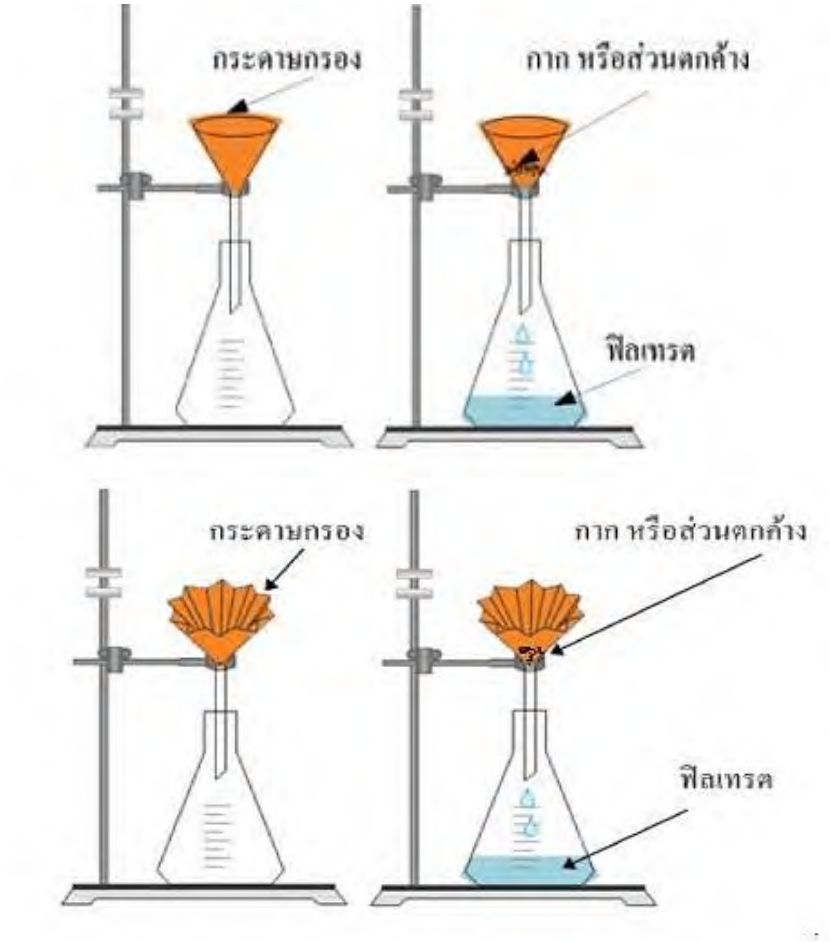
สารประกอบ (Compound) เป็นสารบริสุทธิ์ที่ประกอบด้วยอนุภาคเล็กสุดเป็นโมเลกุล เกิดจากอะตอมของ ธาตุต่างชนิดกัน ตั้งแต่สองชนิดขึ้นไป มารวมตัวกันด้วยสัดส่วนคงที่แน่นอน และไม่สามารถแบ่งแยกองค์ประกอบเหล่านี้ออกจากกันได้ด้วยวิธีทางกายภาพ ต้องใช้วิธีทางเคมี เช่น โมเลกุลของน้ำมีสูตรเคมี H,0 เป็นสารประกอบที่ประกอบด้วย H 2 อะตอม และ o 1 อะตอม และมีอัตราส่วนโดยมวลของ H : 0 เท่ากัน 1 : 8 เสมอ ตั้งต้นถ้านำไฮโดรเจน (H) 1 ส่วน และออกซิเจน (0) 8 ส่วน ผสมกันภายใต้สภาวะที่เหมาะสม จะเกิดเป็น H20 ได้

ของผสม (mixture) ประกอบด้วยสารบริสุทธิ์ตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปผสมกันในอัตราส่วนที่ไม่คงที่แน่นอน โดยแต่ละสารยังคงเอกลักษณ์ของตนเองอยู่ ของผสมเป็นได้ตั้งของผสมเนื้อเดียว และของผสมเนื้อผสม เช่น น้ำนม น้ำอัดลม สารละลาย โลหะเจือ คอนกรด และหินแกรนิต เป็นต้น

การแยกสารผสม เป็นกระบวนการที่จะทำให้สารบริสุทธิ์ โดยอาศัยสมบัติต่าง ๆ ของสาร เช่น สถานะ ขนาดของสาร ความหนาแน่น ความตันไอ หรือความสามารถในการละลาย โดยทั่วไปสารต่าง ๆ ที่พบในธรรมชาตินักจะอยู่ในรูปของสารเนื้อผสม หรือสารละลาย โดยองค์ประกอบแต่ละชนิดมักมีสมบัติเฉพาะตัวที่แตกต่างกันทำให้สามารถแยกองค์ประกอบแต่ละชนิดในสารเนื้อผสมหรือสารละลายออกมาได้ ซึ่งการแยกสารมีประโยชน์อย่างมากต่อการน่าไปใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น การสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืช การกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม การสกัดสารที่เป็นองค์ประกอบของยาจากส่วนต่าง ๆ ของพืช การทำน้ำให้บริสุทธิ์กระบวนการแยกสารให้บริสุทธิ์นี้สามารถทำได้โดยวิธีการทางกายภาพและทางเคมี ขึ้นกับลักษณะทางกายภาพของสาร เช่น

1. **การกรอง** (filtration)

การกรองเป็นการแยกของแข็งออกจากของเหลว โดยเทสารผสมผ่านกระดาษกรอง หรือเยื่อกรอง ทำให้ของแข็งที่ไม่ละลายในของเหลวถูกแยกออกมา เรียกว่า กาก หรือ ส่วนตกค้าง (residue) ส่วนของเหลวที่ได้จากการกรองเรียกว่า ฟิลเทรด (filtrate) เช่น การกรองแยกผงถ่านออกจากน้ำ การกรองเป็นวิธีการหนึ่งทางเคมีที่ใช้ในกระบวนการแยกสารให้บริสุทธิ์มักใช้ควบคู่กับการละลาย เช่น ในการแยกสารผสมระหว่าง ผงทองกับผงเหล็ก โดยใช้กรดเป็นตัวทำละลายผงเหล็ก ในขณะที่ผงทองไม่ละลาย จากนั้นจึงกรองแยกผงทองออกจากสารละลาย เป็นต้น กระดาษกรองที่ใช้ในการกรอง ก่อนนำไปใช้ต้องพับ เพื่อให้วางไว้บนกรวยกรองได้ การพับกระดาษ กรองเป็นทบ (พับจีบ) เพื่อใช้ในการกรองสารละลายที่ร้อนแล้วนำไปตกผลึกเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวให้ของเหลว สามารถไหลผ่านได้มาก และป้องกันไม่ให้เกิดการตกผลึกบนกระดาษกรองขณะที่ทำการกรอง ในบางกรณีที่ ตะกอนมีขนาดเล็ก มีลักษณะเบาหรือละเอียดมาก ๆ การกรองผ่านกระดาษกรองธรรมดาต้องใช้เวลาในการกรองนาน จึงอาจใช้วิธีการกรองด้วยแรงสุญญากาศ (vacuum filtation) ซึ่งสะดวกและรวดเร็วมากกว่า



ภาพที่ 2 การกรองขณะร้อน (พับจีบ)

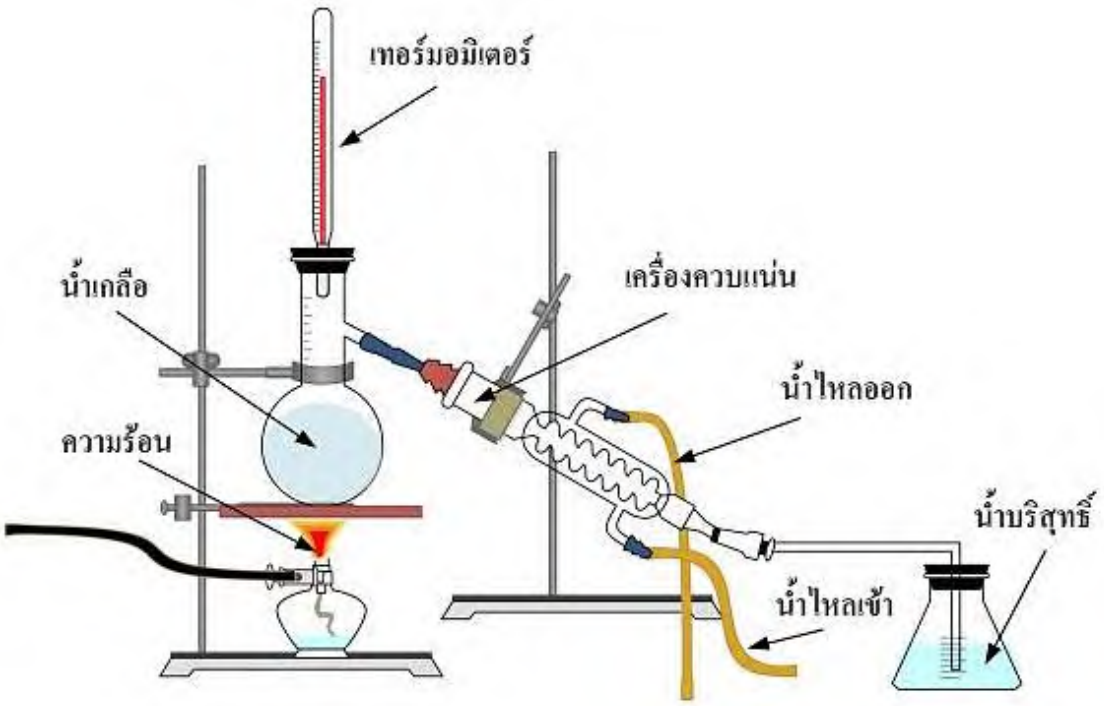
ภาพที่ 3 การกรองด้วยแรงสุญญากาศ

2. **การกลั่น** (distillation)

การกลั่นเป็นการแยกสารผสมที่มีสถานะเป็นของเหลวที่มีจุดเดือดต่างกันออกจากกัน โดยสารที่มีจุดเดือดต่ำ กว่าจะระเหยแยกออกมาก่อน เช่น การแยกนทออกจากน้ำเกลือ และการกลั่นน้ำกลั่น เป็นต้น การกลั่นสามารถใช้ ในการแยกของผสมระหว่างของแข็งผสมอยู่กับของเหลว โดยของแข็งละลายอยู่ในของเหลว หรือของเหลวผสม กับของเหลว หลักการของการกลั่นจะอาศัยความแตกต่างของจุดเดือดต่ำหรือความดันไอของแต่ละองค์ประกอบใน ของผสม เมื่อของผสมได้รับความร้อน องค์ประกอบที่มจุดเดือดต่ำกว่าหรือความดันไอสูงกว่า จะระเหยกลายเป็นไอก่อน จากนั้นทำให้ไอกระทบกับความเย็น โดยผ่านเครื่องควบแน่น (condenser) ไอจะควบแน่นกลายเป็น ของเหลวกลับคืนมา การกลั่นมีหลายประเภท คือ

2.1 **การกลั่นแบบธรรมดา** (simple distillation)

เป็นการกลั่นภายใต้สภาวะที่ความดันปกติ คือ ประมาณ 1 บรรยากาศ หรือที่ความดัน 760 มิลลิเมตรของปรอท มักใช้ในการแยกของเหลวผสมที่มีจุดเดือดต่างกันมาก ๆ ออกจากกัน โดยจุดเดือดต้องต่างกันมากกว่า 30 องศาเซลเซียส ขึ้นไป ดังนั้นการกลั่นแบบธรรมดาจึงไม่สามารถใช้แยกของผสมระหว่างน้ำและเอทิลแอลกอฮอล์ได้เนื่องจากจุดเดือดระหว่างน้ำและเอทิลแอลกอฮอล์ใกล้เคียงกัน แต่วิธีนี้สามารถแยกสารละลายที่ตัวทำละลายระเหยได้ง่ายออกจากตัวถูกละลายที่ไม่ระเหย เช่น การแยกเกลือแกงออกจากน้ำเกลือ

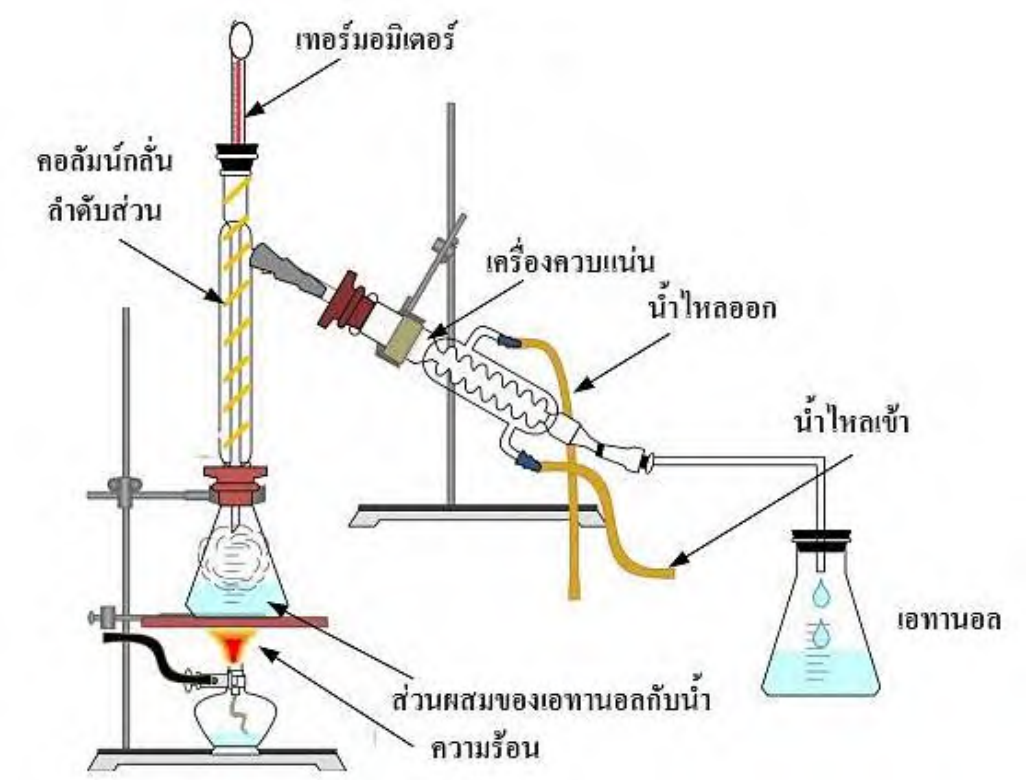


ภาพที่ 4 การกลั่นแบบธรรมดา

จากรูปแสดงอุปกรณ์การกลั่นแบบธรรมดา โดยเมื่อให้ความร้อนแก่สารละลายด้วยเตาหลุมให้ความร้อน ตัวทำละลายที่มีจุดเดือดตากว่าจะระเหยกลายเป็นไอ ผ่านเครื่องควบแน่น เมื่อไอกระทบกับความเย็น ก็จะกลั่นตัวเป็นของเหลวไหลลงสู่ภาชนะที่รองรับ ทำให้สามารถแยกตัวทำละลายที่บริสุทธิ์ออกมาได้ ในการกลั่นแบบธรรมดาต้องมีการใส่เศษกระเบื้อง หรือเศษแก้ว (boilling chip) ลงในสารละลายที่จะกลั่นด้วย เพื่อช่วยระบายความร้อนในสารละลาย และไม่ให้สารละลายเกิดการเดือดที่รุนแรงเกินไป

2.2 **การกลั่นลำดับส่วน** (fractional distillation)

เป็นการกลั่นภายใต้สภาวะความดันปกติ เช่นเดียวกับการกลั่นแบบธรรมดา แต่จะใช้ในการแยกของเหลวผสมที่มีจุดเดือดใกล้เคียงกันออกจากกัน เช่น การกลั่นแยกสารผสมของน้ำมันปิโตรเลียม โดยนำของเหลวผสมสองชนิดที่มีจุดเดือดใกล้เคียงกัน มาทำการแยกโดยการกลั่นแบบธรรมดาของเหลวทั้งสองชนิดจะกลายเป็นไอ เมื่อได้รับความร้อน และเมื่อไอระเหยมากระทบกับความเย็นก็จะกลั่นตัวเป็นของเหลวผสมอีก แต่ไอของสารที่มีจุดเดือดต่ำกว่า หรือไอที่มีความดันไอสูงกว่าจะมีปริมาณมากกว่า ทำให้ของเหลวที่ได้มีปริมาณที่แตกต่างกัน นำของเหลวผสมที่กลั่นตัวออกมานี้ไปทำการกลั่นซ้ำอีกครั้ง ของเหลวที่ได้จากการกลั่นครั้งที่สองจะมีปริมาณของของเหลวที่มีจุดเดือดตากว่า หรือมีความดันไอสูงกว่ามากขึ้นอีก ทำเช่นนี้ต่อไปเรื่อย ๆ หลาย ๆ ครั้ง เป็นการกลั่นซ้ำหลายๆครั้งอย่างต่อเนื่องก็จะสามารถแยกของผสมที่มีจุดเดือดใกล้เคียงกันออกจากกันได้จึงเรียกวิธีการแบบ นี้ว่าการกลั่นลำดับส่วน

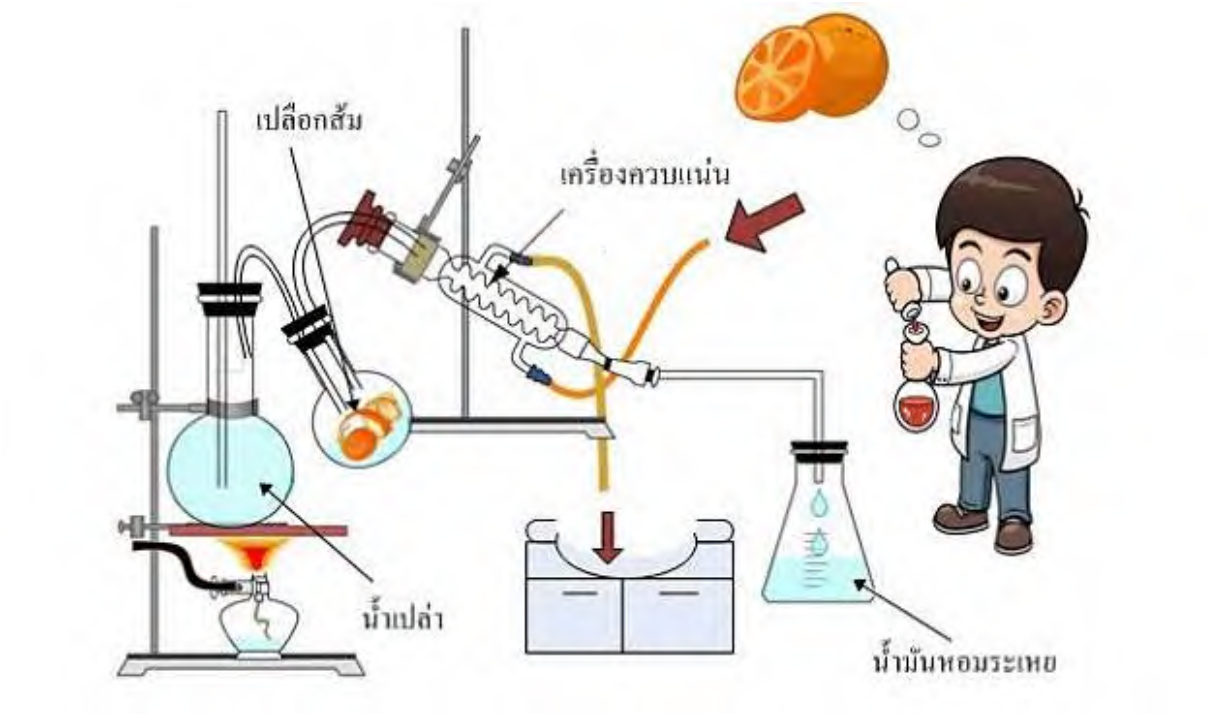


ภาพที่ 5 การกลั่นลำดับส่วน

จากรูปแสดงอุปกรณ์การกลั่นลำดับส่วน ซึ่งจะต่างจากอุปกรณ์ที่ใช้กลั่นแบบธรรมดา โดยชุดกลั่นลำดับ ส่วนจะมีคอลัมน์ลำดับส่วน (fraction column) ที่อยู่ในลักษณะตั้งตรงเชื่อมระหว่างขวดกลั่นกับเครื่องควบแน่น ทำให้เกิดการกลั่นซ้ำหลาย ๆ ครั้งอย่างต่อเนื่อง

2.3 **การกลั่นด้วยไอน้ำ (**steam distillation)

เป็นการกลั่นแยกสารที่ระเหยง่าย และไม่ละลายน้ำออกจากสารที่ระเหยยากหรือสารที่มียางเหนียว โดยใช้ไอน้ำเป็นตัวพาสารที่สกัดได้จะเป็นของเหลวที่แยกชั้นกับน้ำ และสามารถแยกสารผสมนี้ออกจากกันได้โดยใช้กรวยแยก การกลั่นด้วยไอน้ำนี้นิยมใช้ในการสกัดน้ำมันหอมระเหยออกจากส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ส่วนของ ดอก ใบ ผล เมล็ด และราก เป็นต้น



ภาพที่ 6 การกลั่นด้วยไอน้ำ

2.4 **การกลั่นโดยลดความดัน** (vacuum distillation)

การกลั่นโดยลดความดัน หรือการกลั่นในสุญญากาศ เป็นการแยกของเหลวออกมาได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเดือดของของเหลวนั้น โดยปกติจุดเดือดของของเหลวจะแปรผันกับความดันไอ ถ้าความดันเหนือของเหลวลดลงจะทำให้จุดเดือดต่ำลงด้วย เช่น การต้มน้ำ ที่ยอดเขาความดันเหนือน้ำจะต่ำกว่าที่ระดับ พื้นดิน ดังนั้น จุดเดือดของน้ำที่ยอดเขาจึงต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส

นอกจากนี้เรายังสามารถใช้วิธีการนี้ในการกลั่นแยกของเหลวผสมที่มีจุดเดือดสูง เพื่อที่จะทำให้องค์ประกอบที่เราต้องการแยกตัวออกมาได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเดือด และไม่เกิดการสลายตัว เช่น กลีเซอรอล (glycerol) มีจุดเดือด290องศาเซลเซียส ที่ความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท ถ้าเรากลั่นกลีเซอรอล ที่อุณหภูมินี้จะทำให้กลีเซอรอลสลายตัว แต่ถ้าเราลดความดันของชุดกลั่นเหลือประมาณ 12 มิลลิเมตรปรอท จุดเดือดของกลีเซอรอลจะลดลงมาที่180องศาเซลเซียส ทำให้เราสามารถกลั่นกลีเซอรอลได้โดยที่ไม่เกิดการสลายตัว

3. **การตกผลึก** (recrystallization)

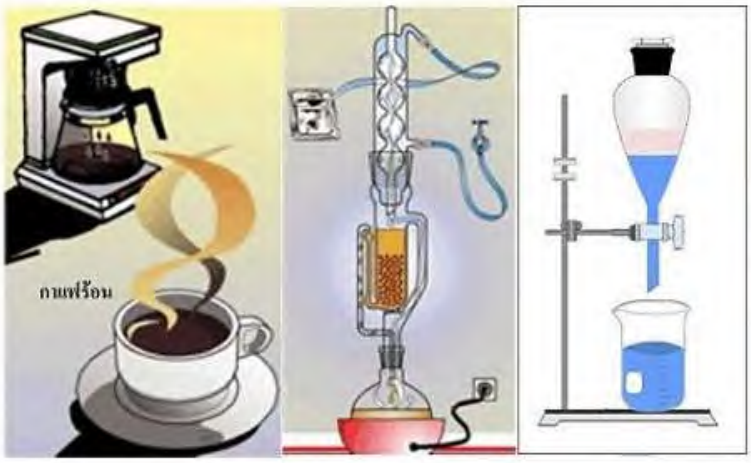
การตกผลึกเป็นการแยกของแข็งที่ละลายเป็นเนื้อเดียวกันกับตัวทำละลายที่เป็นของเหลว โดยการนำสารผสม นี้ไปต้มให้ตัวทำละลายระเหยออกไปจนได้สารละลายอิ่มตัว ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จะได้ของแข็งแยกตัว ตกผลึกออกมา ในกระบวนการตกผลึกจำเป็นต้องคำนึงถึงตัวทำละลายซึ่งตัวทำละลายที่ดีต้องไม่ทำปฏิกิริยากับตัว ถูกละลาย และตัวทำละลาย ต้องละลายตัวลูกละลายได้มากขณะร้อนและไม่ละลาย หรือละลายได้น้อยขณะเย็น ตัวทำละลายต้องไม่ละลายสิ่งเจือปนเพื่อให้สามารถกำจัดสิ่งเจือบนออกไปจากสารละลาย โดยการกรองในขณะที่ สารละลายยังร้อน เพื่อ!เองกันไม่ให้ตัวถูกละลายตกผลึกออกมาบนกระดาษกรองขณะกรองแยกสิ่งเจือปนออกไป ตัวทำละลายต้องไม่เป็นพิษ ไม่ไวไฟ และควรมีราคาลูก ตัวทำละลายที่นิยมใช้ ได้แก่ น้ำ เอทานอล (ethanol) เอทิลแอซิเทต (ethyl acetate) และเฮกเซน (hexane) เป็นต้น

ภาพที่ 7 การตกผลึก

4. **การสกัดด้วยตัวทำละลาย** (solvent extraction)

เป็นการแยกของผสมที่เป็นของแข็งกับของแข็ง หรือของเหลวกับของเหลว โดยใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสม เช่น ของผสมระหว่างผงเกลือแกง กับผงลูกเหม็น (แนฟทาลีน; naphthalene) ซึ่งสารทั้งสองนี้มีสีขาวเหมือนกัน การแยกสีโดยดูด้วยตาจึงทำได้ยาก ขนาดของสารทั้งสองก็มีขนาดเล็กมากไม่สามารถหยิบหรือเขี่ยให้ออกจากกันได้ แต่เราสามารถใช้น้ำเป็นตัวทำให้เกลือแกงละลาย เป็นสารละลายของเกลือแกงในขณะที่แนฟทาลีนไม่ละลายน้ำ เป็นสารแขวนลอย จึงใช้กรวยแยกสารทั้งสองออกจากกัน แล้วนำสารละลายเกลือแกงไประเหย ก็จะได้เกลือแกงกับคืนมา

การสกัดด้วยตัวทำละลาย สามารถใช้สกัดสารจากธรรมชาติโดยแช่สารที่ต้องการสกัดด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสมที่อุณหภูมิห้อง จนได้ปริมาณสารที่ต้องการละลายออกมาได้มากที่สุด จากนั้นทำการกรองแล้วนำสารละลายที่ได้ไประเหย เพื่อแยกตัวทำละลายออกไป ก็จะได้สารที่ต้องการสกัด ตัวอย่างเช่น การสกัดน้ำมันจากรำข้าว การสกัดน้ำมันจากถั่วเหลือง โดยการนำเมล็ดถั่วเหลืองมาแช่ในตัวทำละลายเฮกเซน (hexane) เมื่อกลั่นเอาเฮกเซนออกไป ก็จะได้น้ำมันถั่วเหลืองออกมา ตัวทำละลายที่เหมาะสม จะต้องละลายตัวลูกละลายหรือสารที่ต้องการสกัดเท่านั้น หรือละลายสารอื่น ๆ ในของผสมได้น้อยมาก ตัวทำละลายต้องไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการสกัด และสามารถแยกออกจากสารที่ต้องการสกัดได้ง่าย มีราคาถูกและหาได้ง่าย



การสกัดคาเฟอีนออกจากเมล็ดกาแฟ การสกัดสารด้วยการทำซอกเลต การสกัดสารด้วยกรวยแยก

ภาพที่ 8 การสกัดด้วยตัวทำละลาย

5. **โครมาโทกราฟี** (chromatography)

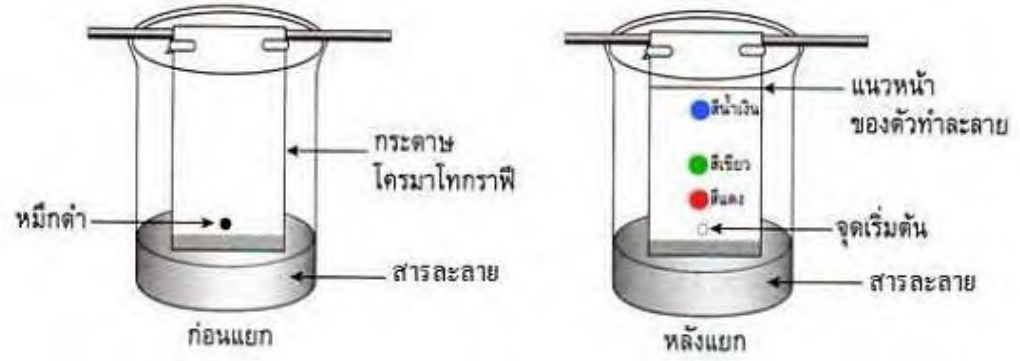
เป็นวิธีการแยกสารผสมออกจากกัน โดยอาศัยสมบัติที่ต่างกันขององค์ประกอบแต่ละชนิดที่กระจายอยู่ใน 2 เฟส (phase) ได้แก่ เฟสที่อยู่กับที่ (stationary phase) ทำหน้าที่เป็นตัวดูดซับสารที่ต้องการแยก เช่น อะลูมินา (alumina, $A1_20_3$) หรือ ซิลิกาเจล (silica gel, $Si0_2$) และ เฟสที่เคลื่อนที่ (mobile phase) ทำหน้าที่เป็นตัวพา หรือ ตัวทำละลายสารที่ต้องการแยกให้เคลื่อนที่ไปบนตัวดูดซับ เช่น เฮกเซน เอทิลแอลกอฮอล์ เอทิลแอซิเทต แอซิโตน และปิโตรเลียมอีเทอร์ เป็นต้น เมื่อตัวทำละลายเคลื่อนที่ผ่านตัวดูดซับที่มีของผสมอยู่ องค์ประกอบแต่ละชนิดในของผสมจะมีการเคลื่อนที่ไปบนตัวดูดซับ องค์ประกอบที่ละลายในตัวทำละลายได้ดีจะถูกดูดซับได้น้อย จึงเคลื่อนที่ออกมาก่อน ส่วนองค์ประกอบที่ละลายในตัวทำละลายได้น้อย จะถูกดูดซับได้นานจึงเคลื่อนที่ ออกมาภายหลัง เทคนิคของโครมาโทกราฟีมี ดังนี้

5.1 **โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ** (paper chromatography)

ในการทำโครมาโทกราฟแบบกระดาษ เราใช้กระดาษกรองเป็นเฟสที่อยู่กับที่ หรือตัวดูดซับ แล้วกำหนดจุดไว้ให้เป็นจุดเริ่มต้น สำหรับของผสมที่ต้องการแยก นำสารที่จะแยกมาหยดเป็นจุดเล็ก ๆ บนกระดาษกรอง ณ จุดที่ได้กำหนดไว้ แล้วนำกระดาษไปตั้งไว้ในภาชนะปิดที่อิ่มตัวด้วยเฟสที่เคลื่อนที่ หรือตัวทำละลายที่เหมาะสม เมื่อปล่อยให้ตัวทำละลายซึมผ่านกระดาษกรอง และผ่านจุดของสารที่ต้องการแยกไปจนถึงระดับที่กำหนดไว้ จาก การละลายและการถูกดูดซับขององค์ประกอบที่ต่างกันในของผสมเราจะเห็นแถบสีต่าง ๆ แยกออกมาจากของผสมกระดาษกรองที่ปรากฏสีต่าง ๆ ซึ่งเกิดจากการแยกของผสมนี้ เรียกว่า โครมาโทแกรม (chromatogram) ถ้าวัดระยะทางที่องค์ประกอบแต่ละชนิดเคลื่อนที่ได้ และระยะทางที่ตัวทำละลายเคลื่อนที่ จะสามารถนำไปคำนวณหาอัตราการเคลื่อนที่ (Rj., Retention factor) เพื่อบอกถึงจำนวนและชนิดของแต่ละองค์ประกอบในของผสมได้

$$R_f = \frac{\text{ระยะทางที่องค์ประกอบแต่ละชนิดเคลื่อนที่}}{\text{ระยะทางที่ตัวทำละลายเคลื่อนที่}}$$

สารชนิดเดียวกัน เมื่อทดสอบด้วยโครมาโทกราฟีแบบกระดาษในเฟสเคลื่อนที่ หรือตัวทำละลายชนิดเดียวกัน ย่อมจะให้ค่า Rf เท่ากัน แต่ในบางครั้งสารต่างชนิดในสภาวะเดียวกันอาจให้ค่า Rf เท่ากันก็ได้ ซึ่งสามารถพิสูจน์ได้ว่าเป็นสารต่างชนิดกัน โดยเปลี่ยนชนิดของเฟสที่เคลื่อนที่หรือตัวทำละลาย หรือในบางครั้งองค์ประกอบแต่ละชนิดในของผสม อาจไม่เกิดการแยกให้เห็น ต้องการทำการทดลองใหม่ โดยการเพิ่มความยาวของกระดาษกรอง หรือเปลี่ยนชนิดของเฟสเคลื่อนที่ หรือตัวทำละลาย เป็นต้น



ภาพที่ 9 โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ

5.2 **ทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี (**thin-layer chromatography : TLC)

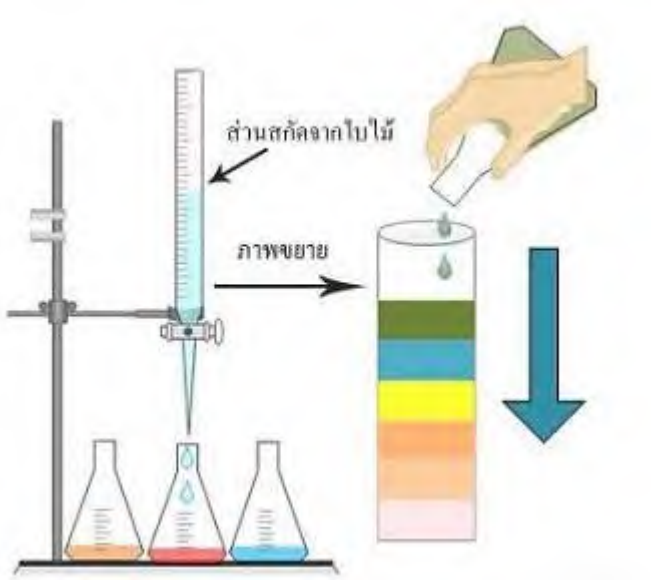
วิธีนี้จะใช้วิเคราะห์และแยกสารที่มีปริมาณน้อยได้ดีและรวดเร็วเป็นโครมาโทกราฟีที่มีวิธีการเดียวกับโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ เพียงแต่เปลี่ยนตัวดูดซับจากกระดาษกรองเป็นผงละเอียดของอะลูมินา หรือซิลิกาเจลที่เคลือบเป็นฟิล์มบาง ๆ บนแผ่นแก้ว หรือแผ่นอะลูมิเนียมที่เรียบ เทคนิคการทำจะหยดสารที่ต้องการแยกบนแผ่น TLC ที่แห้งในแนวเดียวกันทิ้งไว้หรือเป่าให้แห้งแล้วนำ ไปใส่ในแท็งก์ซึ่งอิ่มตัวด้วยไอของตัวทำละลาย ซึ่งทำหน้าที่เป็นเฟสเคลื่อนที่ ปิดฝาแท็งก์ทิ้งไว้ให้ตัวทำละลายพาสารที่ต้องการแยกเคลื่อนที่ไปบนแผ่นTLC จนเกิดการแยก

ภาพที่ 10 ทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี

5.3 คอลัมน์โครมาโทกราฟี (column chromatography)

เป็นวิธีการแยกของผสมในปริมาณมาก ๆ ได้ดีโดยนำตัวดูดซับพวกอะลูมินา หรือซิลิกาเจล บรรจุในคอลัมน์แก้ว (column) ให้เรียงตัวกันอย่างสม่ำเสมอ เพื่อทำให้องค์ประกอบในของผสมเกิดการแยกได้ดีถ้าของผสมเป็นของแข็งให้ละลายของผสมด้วยตัวทำ ละลายที่ใช้เป็นเฟสเคลื่อนที่ในปริมาณที่น้อยที่สุด แต่ถ้าเป็นของเหลวสามารถบรรจุลงในคอลัมน์ที่เตรียมไว้ได้เลย โดยใช้หลอดหยดค่อย ๆ หยดสารผสมที่ต้องการแยกลงไป ในระหว่างนี้ด้านล่างของคอลัมน์ต้องไขให้ตัวทำละลายไหลออกไปช้า ๆ เมื่อบรรจุของผสมหมดแล้วจึงค่อย ๆเติมตัวทำละลายตามลงไปเรื่อย ๆ องค์ประกอบต่าง ๆ ในของผสมจะถูกเฟสเคลื่อนที่พาออกจากคอลัมน์

องค์ประกอบที่ถูกดูดซับได้ดีด้วยเฟสที่ไม่เคลื่อนที่จะไหลออกมาช้าสุดถ้าองค์ประกอบในของผสมมีสีจะเห็นสีเป็นช่วง ๆ ในคอลัมน์แต่ถ้าองค์ประกอบไม่มีสีจะต้องเก็บของเหลวที่ไหลออกมา นำไปตรวจสอบว่าเป็นชนิดเดียวกันหรือไม่ โดยใช้เทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟีถ้าเป็นองค์ประกอบประเภทเดียวกันของเหลวแต่ละส่วนจะมีค่า Rf เท่ากัน นำของเหลวชนิดเดียวกันที่เก็บมาได้รวมกัน นำไประเหยแยกตัวทำละลายออกไป จะได้องค์ประกอบที่ต้องการ



ภาพที่ 11 คอลัมน์โครมาโทกราฟี

1.2.3 **พลังงานและการเปลี่ยนแปลง**

สารแต่ละชนิดมีสมบัติแตกต่างกัน โดยทั่วไปสามารถจำแนกประเภทของสารที่เรามองเห็นจากการสังเกตรูปร่าง ลักษณะ ขนาด สี และกลิ่น แต่นักวิทยาศาสตร์ได้จัดหมวดหมู่ของสารออกเป็นประเภทต่าง ๆ โดย พิจารณาจากสมบัติของสาร 2 ประการคือ

1. **สมบัติทางกายภาพ** (physical property)

เป็นสมบัติที่บอกลักษณะเฉพาะของสาร ที่เราสังเกตเห็นได้ หรือตรวจวัดได้ โดยไม่ทำให้องค์ประกอบดั้งเดิมของสารเปลี่ยนแปลง หรือถูกทำลายสลายเกิดเป็นสารตัวใหม่ เช่น เราสามารถเห็นสี และวัดขนาดของแผ่นกระดาษได้โดยที่แผ่นกระดาษยังเหมือนเดิม ถ้าตัดกระดาษออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาดของกระดาษเล็กลงแต่กระดาษไม่ได้เปลี่ยนเป็นสารอื่น แสดงว่าองค์ประกอบของกระดาษยังคงเป็นสารตัวเดิม แต่ขนาดของแผ่นกระดาษลดลงเท่านั้น การเปลี่ยนแปลงเช่นนี้เรียกว่า การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ (physical change) การเปลี่ยนสถานะของสาร จัดเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่เห็นได้ง่ายที่สุด เช่น ก้อนน้ำแข็งลูกความร้อนจะหลอมเหลวกลายเป็นน้ำ น้ำถูกความร้อนจะระเหยกลายเป็นไอน้ำ หรือเมื่อนำเกลือแกงมาละลายน้ำ เกลือเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสารละลาย องค์ประกอบของเกลือไม่เปลี่ยน ยังคงเป็นเกลือแกง คือ โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) แต่ละลายในน้ำเท่านั้น การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้เกิดขึ้นได้เมื่อให้ความร้อน หรือดึงเอาความร้อนออกจากสาร

2. **สมบัติทางเคมี** (chemical property)

เป็นสมบัติที่สารแสดงออกมาเมื่อสารนั้น ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับสารอีกชนิดหนึ่งเพื่อเปลี่ยนสารนั้นให้เป็นสารใหม่ เช่น แผ่นกระดาษเมื่อถูกเผาจะกลายเป็นเถ้าถ่านในสภาวะเดียวกันถ้าเผาแก้วจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ดังนั้น กระดาษกับแก้วจึงมีสมบัติทางเคมีต่างกัน การเผากระดาษทำให้สารที่เป็นองค์ประกอบของกระดาษเปลี่ยนเป็นสารใหม่คือ กลายเป็นเถ้าถ่าน เรียกการเปลี่ยนแปลงแบบนี้ว่าการเปลี่ยนแปลงทางเคมี (chemical change)

พลังงาน (energy) เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งหลายในธรรมชาติไม่ว่า จะเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพหรือการเปลี่ยนแปลงทางเคมีจะต้องมีพลังงานเกี่ยวข้องด้วยเสมอซึ่ง พลังงาน หมายถึง ความสามารถในการทำงานได้สารต่าง ๆ ไม่ว่าจะอยู่นิ่งกับที่หรือเคลื่อนที่ล้วนมีพลังงานเกี่ยวข้องเสมอ สารที่อยู่นิ่งมีความพร้อมที่จะทำงานได้ส่วนสารที่เคลื่อนที่นั้น เห็นได้ชัดว่า ทำงานได้พลังงานในสารที่มีการเคลื่อนที่เรียกว่า พลังงานจลน์ (kinetic energy) ซึ่งมีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของผลคูณของมวล (m) กับกำลังสองของความเร็ว (v)

$$K.E = \frac{1}{2} mv^2$$

ดังนั้น ความเร็ว (velocity : v) ยิ่งสูง พลังงานจลน์ยิ่งมากและถ้าสารนี้เคลื่อนที่ไปแล้วหยุดนิ่งอยู่กับที่ พลังงานที่ถูกเก็บไว้เป็นพลังงานศักย์(potential energy)

การเปลี่ยนแปลงพลังงานของระบบ

ชนิดของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับระบบ โดยทั่วไปมี3 ชนิดคือ

1. การเปลี่ยนสถานะ
2. การเกิดการละลาย
3. การเกิดปฏิกิริยาเคมี

เมื่อใดก็ตามที่มีการเปลี่ยนแปลง จะต้องมีพลังงานเกี่ยวข้องเสมอ อาจจะเป็นแบบดูดความร้อน หรือคายความร้อนก็ได้เช่น

1. ดูดความร้อน (endothermic change) เป็นการเปลี่ยนแปลงที่พลังงานถ่ายเทจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ระบบ ทำให้ระบบมีพลังงานสูงขึ้น เช่น

การเปลี่ยนแปลงสถานะ เช่น น้ำแข็งกลายเป็นน้ำ น้ำกลายเป็นไอน้ำ

การเกิดการละลาย เช่น การละลายของ NH_4Cl , KNO_3

การเกิดปฏิกิริยาเคมี เช่น การสลายตัวของ NH_3

2. คายความร้อน (exothermic change) เป็นการเปลี่ยนแปลงที่พลังงานถ่ายเทจากระบบออกสู่สิ่งแวดล้อมทำให้ระบบมีพลังงานต่ำลง เช่น

การเปลี่ยนแปลงสถานะ เช่น ไอน้ำ กลายเป็นน้ำ น้ำ กลายเป็นน้ำแข็ง

การเกิดการละลาย เช่น การละลายของ $CuSO_4$, NaOH

การเกิดปฏิกิริยาเคมี เช่น การรวมตัวของ N_2 กับ H_2ได้ NH_3

➢ **พลังงานกับการเปลี่ยนสถานะ**

สารต่าง ๆ ที่มีอยู่ในธรรมชาติสามารถเปลี่ยนสถานะจากสถานะหนึ่งไปเป็นอีกสถานะหนึ่งได้และสามารถที่จะเปลี่ยนกลับมาเป็นสถานะเดิมได้อีกด้วย ดังแผนภาพ

ภาพที่ 12 แผนภาพแสดงการเปลี่ยนสถานะ

ในการเปลี่ยนสถานะของสารนั้น จะมีพลังงานเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ถ้าสารเปลี่ยนสถานะจากของแข็งไปเป็นของเหลว และแก๊ส จะมีการดูดพลังงาน (ดูดความร้อน) และในทางตรงกันข้าม ถ้าเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับคือสารเปลี่ยนสถานะจากแก๊สไปเป็นของเหลว และของแข็งก็จะคายพลังงาน (คายความร้อน)จากแผนภาพสรุปได้ว่า

➢ **พลังงานกับการละลาย**

เมื่อสารละลายน้ำจะมีพลังงานเกี่ยวข้อง 2 ขั้นตอน คือ

1. พลังงานโครงร่างผลึก (lattice energy) คือพลังงานที่ใช้ในการทำให้ของแข็งแตกตัวออกเป็นไอออนในภาวะแก๊ส จะเป็นการดูดความร้อน

2. พลังงานไฮเดรชัน (hydration energy) เป็นผลรวมของพลังงานที่ใช้ทำลายแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำ และพลังงานที่คายออกมาอันเนื่องจากไอออนบวกและไอออนลบ ถูกห้อมล้อมโดยโมเลกุลของน้ำแต่พลังงานที่คายออกมามากกว่า ส่วนที่ใช้ไปผลรวมที่ออกมาเป็นค่าพลังงานไฮเดรชัน

➢ **พลังงานกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี**

เมื่อนำสารมาทำปฏิกิริยากันจะได้สารใหม่ที่มีสมบัติแตกต่างไปจากเดิมเกิดขึ้น ซึ่งในการเกิดปฏิกิริยาเคมีจะมีพลังงานมาเกี่ยวข้อง อาจเป็นการดูดหรือคายความร้อนก็ได้การเปลี่ยนแปลงใด ๆ ก็ตาม ไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เช่น น้ำแข็งละลายเป็นน้ำ น้ำระเหยเป็นไอ หรือการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เช่น การเผาไหม้ของน้ำมันเบนซิน จะต้องมีสิ่งหนึ่งเข้ามาเกี่ยวข้องเสมอคือ พลังงาน พลังงานตามคำนิยามนี้ คือความสามารถในการทำงาน แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

1. พลังงานจลน์ (kinetic energy) เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่จะเห็นได้ว่า สารที่มีมวลน้อยกว่าและเคลื่อนที่ด้วยความเร็วกว่าจะมีพลังงานจลน์มากกว่า สสารที่มีมวลมากกว่า และเคลื่อนที่ด้วยความเร็วช้ากว่าจะมีพลังงานจลน์น้อยกว่า

2. พลังงานศักย์ (potential energy) คือพลังงานที่มีอยู่ในตัวสาร เกิดแรงดึงดูดและแรงผลักกัน และกันระหว่างสสารนั้นกับสสารอื่น ๆ ถ้าไม่มีแรงดึงดูดหรือแรงผลักกันระหว่างสสาร สสารดังกล่าวจะไม่มีพลังงานศักย์ พลังงานศักย์เป็นพลังงานที่สะสมอยู่ในตัวสสารนั้น พลังงานศักย์ขึ้นกับสภาวะมวล องค์ประกอบ และตำแหน่ง เช่น หินก้อนใหญ่กว่าที่ตำแหน่งสูงกว่า มีพลังงานศักย์มากกว่า หินก้อนเล็กกว่าที่อยู่ตำแหน่งต่ำกว่า เมื่อก้อนหินเคลื่อนที่จากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ พลังงานศักย์เปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ดังนั้นพลังงานในทุกรูปแบบ เช่นพลังงานไฟฟ้า พลังงานน้ำ พลังงานเคมีพลังงานนิวเคลียร์สามารถเปลี่ยนรูปจากรูปหนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่งได้เช่น น้ำมันเบนซิน ถ่านหิน ถ่านไม้ล้วนมีพลังงานสะสมอยู่ในรูปของพลังงานศักย์หรือเรียกว่า พลังงานเคมีเมื่อนำสารเหล่านี้มาเผาไหม้ในอากาศ พลังงานเคมีในรูปของพลังงานศักย์จะเปลี่ยนไปเป็นความร้อน แสง และพลังงานจลน์

ในกระบวนการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ก็ตาม ถ้าความร้อนถูกดูดเข้าไป เรียกว่ากระบวนการดูดความร้อน (endothermic process) ตรงกันข้าม ในการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ก็ตามถ้าความร้อนถูกคายออกมา เรียกว่ากระบวนการคายความร้อน (exothermic process) เช่น การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินความร้อนเป็นจำนวนมากถูกคายออกมา การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจึงจัดเป็นกระบวนการคายความร้อน

➢ **พลังงานเคมี (** chemical energy)

เป็นพลังงานที่สะสมอยู่ในหน่วยโครงสร้างของสารเคมีชนิดต่าง ๆ ปริมาณของพลังงานเคมีขึ้นอยู่กับชนิดและการจัดตัวของอะตอมในสารแต่ละชนิดเมื่อสารเข้าไปทำปฏิกิริยากัน พลังงานเคมีอาจถูกปล่อยออกมาถูกเก็บสะสมไว้หรืออาจเปลี่ยนเป็นพลังงานรูปอื่น พลังงานเคมีจัดเป็นพลังงานศักย์แบบหนึ่งที่มีอยู่ในสาร เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีพลังงานที่ออกมาจากระบบ มักเป็นรูปของพลังงานความร้อน ปฏิกิริยาที่ให้ความร้อนออกมาเรียกว่า ปฏิกิริยาคายความร้อน (exothermic reaction) ส่วนปฏิกิริยาที่ต้องใช้พลังงานเข้าไปจึงจะเกิดปฏิกิริยาเรียกว่า ปฏิกิริยาดูดความร้อน (endothermic reaction)

ความสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน

แอลเบิร์ต ไอน์สไตน์ (Albert Einstein) ได้อธิบายให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับพลังงานซึ่งสามารถคำนวณหาค่าพลังงานที่เทียบกับมวลจำนวนหนึ่งได้ด้วยสมการ

$E = mc^2$ เรียกว่า สมการไอน์สไตน์ เมื่อ

E เป็นพลังงาน วัดเป็นจูล (J)

m เป็นมวลคิดเป็นกิโลกรัม (k)

c เป็นความเร็ว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3×10^8 m/s (เมตร/วินาที)

จากสมการไอน์สไตน์จะเห็นว่า มวลเพียงเล็กน้อยสามารถให้พลังงานได้จำนวนมาก มวลและพลังงานทั้งหลายไม่สามารถสร้างหรือทำลายได้แต่อาจเปลี่ยนแปลงระหว่างกันได้เป็นไปตาม กฎอนุรักษ์มวล– พลังงาน

➢ **กฎอนุรักษ์มวล**

ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีมวลไม่ถูกสร้างขึ้นหรือถูกทำลายได้หมายความว่า เมื่อสสารมีการเปลี่ยนแปลงมวลของสารใหม่ที่เกิดขึ้น เท่ากับมวลของสารก่อนการเปลี่ยนแปลงซึ่งลาวัวซิเอร์(Lavuisier) นักเคมีชาวฝรั่งเศสได้อธิบายว่า ถ้าปฏิกิริยาหนึ่งเกิดในภาชนะปิดคือ ไม่ให้สารตั้งต้น และสารผลิตภัณฑ์ออกจากภาชนะไปได้มวลทั้งหมดของสารก่อนปฏิกิริยาจะเท่ากับมวลของสารหลังปฏิกิริยา

➢ **กฎอนุรักษ์พลังงาน**

ในกระบวนการใดก็ตามพลังงานอาจเปลี่ยนรูปจากรูปหนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่งได้แต่พลังงานไม่อาจถูกสร้างขึ้นหรือถูกทำลายไป นั้นคือปริมาณของพลังงานยังคงเดิมไม่เพิ่มขึ้นหรือลดลง กฎอนุรักษ์พลังงานเป็นกฎข้อที่หนึ่งของเทอร์มอไดนามิกส์

➢ **กฎสัดส่วนคงที่**

จากการศึกษาปฏิกิริยาในเชิงปริมาณพบว่า สารเคมีบริสุทธิ์ใดก็ตามธาตุซึ่งประกอบเป็นองค์ประกอบของสารนั้น จะมีสัดส่วนโดยมวลคงที่เสมอเช่น น้ำบริสุทธิ์มีอัตราส่วนโดยมวลของ H : O เท่ากับ 1 : 8 เสมอ ไม่ว่า น้ำนั้นจะมีแหล่งกำเนิดมาจากที่ใดก็ตาม

➢ **ระบบปิด และระบบเปิด**

ระบบ (system) คือสิ่งที่เราสนใจ เช่น ให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นกับสารสะลายในบีกเกอร์ใบหนึ่ง สิ่งที่อยู่ในบีกเกอร์เป็นระบบ คือสิ่งที่เราสนใจ ระบบมี 3 ชนิด คือ

1. ระบบปิด (close system) เป็นระบบที่มีมวลคงที่แต่สามารถรับ หรือถ่ายเทพลังงานกับสิ่งแวดล้อมได้

2. ระบบเปิด (open system) เป็นระบบที่มีการแลกเปลี่ยนทั้งมวลและพลังงานกับสิ่งแวดล้อมได้

3. ระบบโดดเดี่ยว (isolate system) เป็นระบบที่มวลและพลังงานคงตัวไม่สามารถแลกเปลี่ยนกับสิ่งแวดล้อมได้

สิ่งแวดล้อม (surrounding) คือ ทุกสิ่งที่อยู่ภายนอกและไม่เกี่ยวกับระบบ เช่น บีกเกอร์ที่ใส่สารละลาย อากาศที่อยู่เหนือบีกเกอร์แท่งแก้วสำหรับคน

1.3 **การวัด**

1.3.1 **หน่วยวัดทางเคมี**

1. **มวล (**mass) **และน้ำหนัก (**weight)

มวล (mass) คือปริมาณของสสารในรูปร่างต่าง ๆ มวลของวัตถุจะมีค่าคงที่และไม่มีการเปลี่ยนแปลงไม่ว่าจะวัดที่ใดก็ตาม

น้ำหนัก (weight) คือค่าของแรงโน้มถ่วง ซึ่งเกิดจากแรงดึงดูดระหว่างมวลของวัตถุและมวลของดวงดาว น้ำหนักของวัตถุจะเปลี่ยนไปตามที่ที่วัตถุนั้นอยู่ดังนั้นน้ำหนักของวัตถุที่ชั่งแต่ละแห่งบนโลกนี้จะไม่เท่ากันการวัดมวลและน้ำหนัก (measuring mass and weight) ถ้าเราต้องการทราบค่ามวลของวัตถุก็ใช้เครื่องมือวัดที่เรียกว่าเครื่องชั่ง (balance) ปัจจุบัน เครื่องชั่ง มีหลายรูปแบบให้เลือกใช้และมีความละเอียดแม่นยำมาก

2. **ความยาว และปริมาตร (**measuring length volume)

การวัดความยาว มักนิยมใช้ไม้บรรทัดหรือสายวัด ซึ่งมีสเกลเป็นนิ้วหรือเป็นเซนติเมตรการวัดปริมาตร วัดได้หลายวิธีถ้าสารนั้นเป็นของเหลว วัดด้วยกระบอกตวง (graduated cylinder) หรือวัดด้วยขวดวัดปริมาตร (volumetric flask) หรือใช้บิวเรตต์ (burette) หรือ ปิเปตต์ (pipette) ก็ได้แต่ถ้าสารนั้นเป็นของแข็งที่มีรูปร่างไม่แน่นอน อาจหาได้โดยวางของแข็งนั้นลงในกระบอกตวงที่ใส่น้ำซึ่งรู้ปริมาณแน่นอนแล้ว โดยค่อย ๆ หย่อนของแข็งลงในกระบอกตวง ระดับน้ำที่เพิ่มขึ้น คือปริมาณของของนั้น

3. **ระบบเมตริก(**The metric system)

ระบบเมตริก เป็นหน่วยพื้นฐานที่วัดค่ามวลเป็นกรัม (gram) วัดความยาวเป็นเมตร (meter) วัดปริมาตรเป็นลิตร (liter) วัดเวลาเป็นวินาที (second) หน่วยอังสตรอม (angstrom, A°) เป็นหน่วยของความยาวที่ใช้อธิบายขนาด ของอะตอม เช่น

10 มิลลิเมตร = 1 เซนติเมตร

10 เซนติเมตร = 1 เดซิเมตร

10 เดซิเมตร = 1 เมตร

10 เมตร = 1 เดคาเมตร

10 เดคาเมตร = 1 เฮกโตเมตร

10 เฮกโตเมตร = 1 กิโลเมตร

แต่ที่นิยมใช้มากคือ

10 มิลลิเมตร = 1 เซนติเมตร

100เซนติเมตร = 1 เมตร

1,000 เมตร = 1 กิโลเมตร

ส่วนมาตราวัดน้ำหนักที่นิยมใช้ได้แก่

1 กิโลกรัม = 1,000 กรัม

1 ขีด = 100 กรัม

1 กิโลกรัม = 10 ขีด

ส่วนมาตราวัดพื้นที่ที่นิยมได้แก่

1 ตารางเมตร = 10, 000 ตารางเซนติเมตร

1 ตารางกิโลเมตร = 1,000,000 ตารางเมตร

สารละลาย 1 ลูกบาศก์เซนติเมตรเท่ากับ 1 มิลลิลิตร (1 ml = 1 cm^3)

4. **ระบบ** SI Unit (the international system of units)

ระบบ SI unitได้รับการยอมรับกันทั่วโลก ซึ่งมีหน่วยวัดเหมือนกับระบบเมตริก ยกเว้นหน่วยที่วัดมวลเป็น กิโลกรัม(kg) หน่วยของปริมาตรเป็นลูกบาศก์เมตร(m^3) เนื่องจากวิวัฒนาการของวิทยาศาสตร์เป็นไปอย่างรวดเร็วและมีความต้องการทราบปริมาณต่าง ๆ ที่ถูกต้องแน่นอนมากยิ่งขึ้น เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ในยุคปัจจุบันก็มีความไวต่อปริมาณต่าง ๆ ที่ใช้วัดอย่างมากมาย ทำให้หน่วยวัดในระบบเก่าทั้งระบบเมตริกและระบบอื่นเป็นหน่วยวัดที่หยาบเกินไป เพราะคำจำกัดความของหน่วยที่ใช้เช่น เมตรกรัม ลูกบาศก์เมตร มีที่มาที่ไม่มีรากฐานจากสูตรหรือค่าคงที่ทางวิทยาศาสตร์เป็นต้นว่า ความยาว 1 เมตรในระบบเมตริกอาศัยหลักว่า เป็นความยาวระหว่างจุดสองจุดที่กาหรือบากไว้บนท่อนโลหะ Pt – Ir ท่อนหนึ่ง ซึ่งเก็บไวที่ International Bureau of Weights and Measures แต่ในระบบ SI ได้กำหนดว่าความยาว1 เมตร เป็นความยาว 1650 763.73 เท่าของความยาวคลื่นของรังสี สีแดงอมส้ม(red – orange radiation) ที่เปล่งออกมาจากคริปทอน – 86 (Krypton – 86) รังสีนี้เกิดจากการเปลี่ยนที่ของอิเล็กตรอนระหว่างระดับพลังงาน 2p และ 5d ของอะตอมของ Kr -86 การกำหนดนิยามแบบนี้มีความถูกต้องแม่นยำมาก หน่วย SI ประกอบด้วยหน่วยพื้นฐานของหน่วยอื่น ๆ และหน่วยอนุพันธ์ดังตาราง

ตารางหน่วยหลักของ SI

ปริมาณกายภาพ	หน่วย	สัญลักษณ์
ความยาว	เมตร (metre)	m
มวล	กิโลกรัม (kilogramme)	kg
เวลา	วินาที (second)	s
กระแสไฟฟ้า	แอมแปร์ (ampere)	A
อุณหภูมิ	เคลวิน (Kelvin)	K
ความเข้มข้นของความสว่าง	แคนเดลา (candela)	cd
ปริมาณของสาร	โมล (mole)	mol
มุมบนระนาบ	เรเดียน (radian)	rad
มุมในของแข็ง	สตีเรเดียน (steradian)	sr

ข้อสังเกตเกี่ยวกับหน่วยที่ใช้วัดปริมาณต่าง ๆ ทางเคมีที่ใช้อยู่เสมอ ๆ ได้แก่ มวล หน่วย SI ใช้กิโลกรัม ส่วนความยาวใช้เมตรถ้าสิ่งใดมีขนาดเล็กเช่น ความยาวคลื่นแสงก็ใช้นาโนเมตร ซึ่งเท่ากับ 10-9เมตร นอกจากนี้ยังใช้พิโคเมตรสำหรับความยาวของพันธะเคมีด้วย ในด้านปริมาตร เมื่อระบบ SI ใช้หน่วยความยาวเป็นเมตร ปริมาตรก็เป็นลูกบาศก์เมตร(m^3) และยกเลิกการใช้หน่วยลิตร หรือมิลลิลิตรแต่ใช้หน่วยย่อย 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร (dm^3) และ1 ลูกบาศก์เซนติเมตร (cm^3) ได้ในด้านความเข้มข้น ใช้หน่วยโมลต่อกิโลกรัมแทนหน่วยโมแลล (molal, m) ซึ่งเท่ากับจำนวนโมลของสารที่ละลายใน 1,000 กรัม ของตัวทำละลายกับใช้หน่วยโมลต่อลูกบาศก์เมตร หรือโมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตรแทนหน่วยโมลาร์ (molar, M)

5. **ระบบอังกฤษ (**the English system)

ระบบอังกฤษวัดมวลเป็นออนซ์ และปอนด์ วัดปริมาตรเป็นออนซ์ ไพนต์ควอร์ต แกลลอน และคิวบิกฟุต วัดความยาวเป็นนิ้ว ฟุต หลาไมล์และวัดเวลาเป็นวินาที

6. **อุณหภูมิ (**temperature)

หน่วยวัดอุณหภูมิที่นิยมกัน มี 3 หน่วยคือ

1. หน่วยฟาเรนไฮต์(Fahrenheit,^oF) สเกลนี้มีจุดเยือกแข็ง (freezing point)ของน้ำ ที่32^oFจุดเดือดของน้ำ ที่212^oF

2. หน่วยเซลเซียส (Celsius,^oC) สเกลนี้จุดเยือกแข็งที่0^oC และจุดเดือดที่ 100^oC เมื่อเปรียบเทียบสเกลของฟาเรนไฮต์กับสเกลของเซลเซียส จะได้ดังนี้

$$100\,^{\circ}C = 180\,^{\circ}F$$

หรือ

$$5\,^{\circ}C = 9\,^{\circ}F$$

เมื่อเทียบค่าอุณหภูมิ

$$^{\circ}C = \frac{5}{9}(^{\circ}F - 32)$$

เมื่อเทียบกับค่าอุณหภูมิ

$$^{\circ}F = \frac{9}{5}(^{\circ}C) + 32$$

3. หน่วยเคลวิน (K) สเกลเคลวินมีพื้นฐานมาจากจุด 0เทียบกับองศาเซลเซียส คือ – 273 ^oC (หรือ 273.15ซึ่งเป็นสเกลที่เที่ยงตรงมากที่สุด) ถ้าต้องการเปลี่ยนจาก ^oC เป็น K จะต้องเอา 273^{o}ไปบวกดังนี้

$$K = {}^oC + 273 \text{ หรือ}$$
$$^oC = K - 273$$

7. **ความหนาแน่น** (density)

ค่าของความหนาแน่นของสารใดก็คือ มวลของสารที่มีอยู่ในหนึ่งหน่วยปริมาตร ดังนั้นเราหาค่าความหนาแน่นได้จากสูตร

$$\text{ความหนาแน่น} = \frac{\text{มวล}}{\text{ปริมาตร}}$$

$$\text{หรือ} \quad d = \frac{m}{v}$$

8. **ความถ่วงจำเพาะ** (specific oravity)

ความถ่วงจำเพาะของสารใดคือความหนาแน่นของสารเปรียบเทียบกับความหนาแน่นของน้ำที่ 4 ºC

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ} = \frac{\text{ความหนาแน่นของสาร}}{\text{ความหนาแน่นของน้ำ } 4\,^{\circ}\text{C}}$$

ค่าของความถ่วงจำเพาะไม่มีหน่วย นิยมเขียนดังตัวอย่างความถ่วงจำเพาะของอีเทอร์ เท่ากับ $0.78025^{o}/4^{o}$ หมายความว่าที่ 25 °C คือ อุณหภูมิองศาที่วัดความหนาแน่นอีเทอร์ ส่วน 4 คือ อุณหภูมิเป็นองศาของน้ำ

1.3.2 **การหาเลขนัยสำคัญ**

แนวทางสำหรับการหาเลขนัยสำคัญมีกฎพื้นฐาน ดังนี้

1. ตัวเลขที่ไม่ใช่ศูนย์เป็นเลขนัยสำคัญ เช่น 845 cm มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว 1.234 Kg มีเลขนัยสำคัญสี่ตัว

2. เลขศูนย์ที่อยู่ระหว่างตัวเลขถือเป็นเลขนัยสำคัญ เช่น 606 cm มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว 40.501 kg มีเลขนัยสำคัญ 5 ตัว

3. ศูนย์ที่อยู่ทางซ้ายของตัวเลขที่ไม่ใช่ศูนย์ไม่ถือเป็นเลขนัยสำคัญจุดมุ่งหมายเพื่อแสดงตำแหน่งจุดทศนิยมเท่านั้น เช่น 0.08 L มีเลขนัยสำคัญ 1 ตัว 0.0000349 g มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว

4. เมื่อตัวเลขมากกว่า 1 เลขศูนย์ที่เขียนทางขวามือของจุดทศนิยมถือเป็นเลขนัยสำคัญ เช่น 2.0mg มีเลขนัยสำคัญ 2 ตัว 40.062 ml มีเลขนัยสำคัญ 5 ตัว และ 3.040 dm มีเลขนัยสำคัญ 4 ตัว แต่ถ้าตัวเลขมีค่าน้อยกว่า 1 ค่าเลขศูนย์อยู่ท้ายตัวเลขและอยู่ระหว่างตัวเลขถือเป็นเลขนัยสำคัญ เช่น 0.090 kg มีเลขนัยสำคัญ 2 ตัว 0.3005L มีเลขนัยสำคัญ 4 ตัว และ 0.00420 m มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว

5. สำหรับตัวเลขที่ไม่มีจุดทศนิยม ศูนย์สุดท้าย(เลขศูนย์ที่อยู่ท้ายตัวเลขที่ไม่ใช่ศูนย์)อาจจะเป็นหรือไม่เป็นเลขนัยสำคัญ ก็ได้เช่น 400 cm อาจมีเลขนัยสำคัญเพียงตัวเดียวคือเลข 4 หรือมีเลขนัยสำคัญสองตัวคือ 40 หรือมีเลขนัยสำคัญสามตัว คือ 400 ซึ่งเราไม่อาจทราบได้ว่าแบบใดถูกต้องถ้าไม่มีข้อมูลมากพอแต่เราอาจเขียนได้เป็น4×10^2 สำหรับหนึ่งเลขนัยสำคัญ 4.0×10^2สำหรับสองเลขนัยสำคัญ หรือ 4.00×10^3สำหรับสามเลขนัยสำคัญ

6. การบวกและการลบคำตอบจะมีค่าจุดทศนิยมไม่มากกว่าค่าเริ่มต้น ในการคำนวณ เช่น 89.332 + 1.1 และ2.097 – 0.12

	89.332
ตัวอย่างการบวก	+1.1
	90.432
คำตอบที่ได้คือ	90.4
	2.097
ตัวอย่างการลบ	−0.12
	1.977
คำตอบที่ได้คือ	1.98

การปรับค่าตัวเลข จะปรับค่าที่แน่นอนของตำแหน่งเลขนัยสำคัญตัวเลขที่ตามมาถ้าต่ำกว่า 5 ให้ตัดทิ้งได้ เช่น 8.724 ปรับเป็น 8.72 เมื่อต้องการทศนิยมเพียง 2 ตำแหน่งถ้าตำแหน่งที่ปรับค่ามีตัวเลขที่ตามมามากกว่าหรือเท่ากับ 5 ให้เพิ่มค่าเข้าไปอีกหนึ่งสำหรับตำแหน่งสุดท้าย เช่น 8.727 จะปรับเป็น 8.73และ 0.425 จะปรับเป็น 0.43

7. การคูณ และการหาร จำนวนเลขนัยสำคัญหลังจากที่มีการคูณหรือหารแล้วจะมีค่าเท่ากับจำนวนที่มีเลขนัยสำคัญน้อยที่สุดเช่น 2.8 x 4.5039 = 12.61092 ปรับได้เป็น13

8. จงระลึกไว้เสมอว่า จำนวนที่แท้จริงนั้นได้มาจากนิยาม หรือจากการนับวัตถุที่พิจารณาด้วยจำนวนที่ไม่จำกัดของเลขนัยสำคัญ เช่น หน่วยนิ้วมีค่าเป็น 2.54 เซนติเมตร ซึ่งก็คือ 1 นิ้ว เท่ากับ 2.54 เซนติเมตร ดังนั้น 2.54 นิ้ว ในสมการไม่ได้มาจากการวัดที่มีเลขนัยสำคัญสามตัว หรือกรณีเช่น วัตถุหนึ่งมีมวล 5.0 g ดังนั้นมวลของวัตถุนี้ จำนวน 9 ชิ้น จะมีค่า 45 g คือ 5 g x 9 ชิ้น = 45 g

คำตอบมีเลขนัยสำคัญเพียงสองค่า เพราะว่า 5.0 g มีเลขนัยสำคัญเป็นของจำนวนของ 9 ชิ้น ซึ่งเป็นจำนวนที่แน่นอน และไม่พิจารณาเลขนัยสำคัญความถูกต้องและความแม่นยำมีความจำเป็นในการจำแนกระหว่างความถูกต้อง และความแม่นยำสำหรับการอธิบายการวัด และเลขนัยสำคัญ ความถูกต้องบอกว่า การวัดที่ได้มีค่าเข้าใกล้ค่าที่ถูกต้องมากที่สุดสำหรับปริมาณหนึ่งที่เราวัด ค่าความแม่นยำ หมายถึง การวัดในแต่ละครั้งมีค่าใกล้กันมากที่สุด ต่อการวัดในปริมาณเดียวกัน ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับผู้ทำการทดลองอื่น การวัดอย่างระมัดระวัง การใช้เลขนัยสำคัญที่เหมาะสม ตามด้วยการคำนวณที่ถูกต้อง จะทำให้ได้ผลของตัวเลขที่ถูกต้อง

ชื่อ และสัญลักษณ์ทางเคมี

สัญลักษณ์ทางเคมี

อะตอมเป็นอนุภาคพื้นฐานที่สำคัญที่สุดของธาตุ ธาตุชนิดเดียวกันมีอนุภาคพื้นฐานเหมือนกัน เช่น ทองคำจะมีอนุภาคพื้นฐานแตกต่างจากทองแดง หรือธาตุโซเดียมมีอนุภาคพื้นฐานแตกต่างจากแคลเซียม ธาตุต่าง ๆที่ค้นพบจนถึงปัจจุบันมีอยู่ 113 ธาตุ นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ชื่อ โจเซฟ เพรสต์ลีย์ (Joseph Priestley) ได้ตั้งชื่อแก๊สที่มีสมบัติช่วยในการเผาไหม้ว่า ออกซิเจน (Oxygen) ตัวอย่างชื่อของธาตุอื่น ๆ ได้แก่ แคลเซียม (Calcium) คลอรีน(Chlorine) ไฮโดรเจน (Hydrogen) และใช้สัญลักษณ์แทนชื่อธาตุเหล่านี้ โดยทั่วไปสัญลักษณ์ของธาตุย่อมาจากชื่อภาษาอังกฤษของธาตุนั้น เช่น

ชื่อภาษาอังกฤษ	ชื่อภาษาอังกฤษ	ชื่อภาษาอังกฤษ
Carbon	C	คาร์บอน
Chlorine	Cl	คอลรีน
Nitrogen	N	ไนโตรเจน
Zinc	Zn	สังกะสี
Oxygen	O	ออกซิเจน
Hydrogen		

สัญลักษณ์ของธาตุบางธาตุไม่มีส่วนคล้ายคลึงกับชื่อภาษาอังกฤษ ธาตุเหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นธาตุที่ค้นพบตั้งแต่สมัยโบราณ คือ สมัยภาษาละติน เป็นภาษาสากลที่ใช้กันในหมู่นักวิทยาศาสตร์ สัญลักษณ์ของธาตุเหล่านี้จึงย่อมาจากชื่อละติน เช่น โพแทสเซียม (Potassium) ใช้สัญลักษณ์ K จากภาษาละติน คือ Kalium ตัวอย่างอื่น ๆ เช่น

ชื่อละติน	ชื่อละติน	ชื่อภาษาอังกฤษ	ชื่อภาษาไทย
Natrium	Na	Sodium	โซเดียม
Argentum	Ag	Silver	เงิน
Hydragyrum	Hg	Mercury	ปรอท
Cuprum	Cu	Copper	ทองแดง

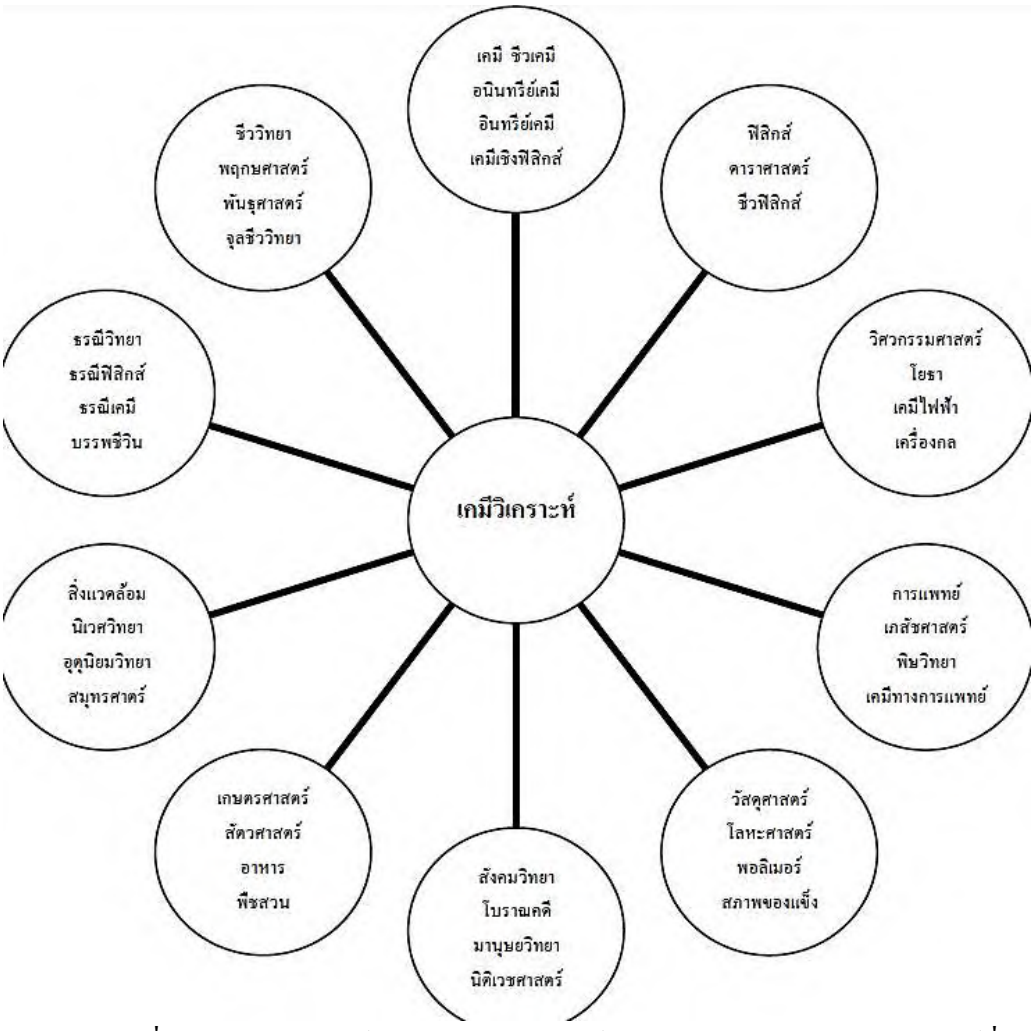
การเขียนสัญลักษณ์ของธาตุในกรณีที่เป็นอักษรเพียงตัวเดียว ให้เขียนเป็นตัวอักษรตัวใหญ่ เช่น H , O , N แต่ในกรณีที่มีอักษร 2 ตัว ให้เขียนอักษรตัวแรกเป็นตัวใหญ่ ส่วนตัวที่สองเป็นตัวเล็ก เช่น He, Cu, Ag , Fe เป็นต้น

เคมีวิเคราะห์

เคมีวิเคราะห์เป็นแขนงหนึ่งของวิชาเคมีที่เกี่ยวข้องกับการใช้กระบวนการวิเคราะห์ทางเคมีในการวัด การหาองค์ประกอบต่าง ๆ ทางเคมีของสสาร การหาปริมาณ ซึ่งต้องประกอบด้วยการคิดวิเคราะห์และวิธีการที่หลากหลาย นอกจากเคมีวิเคราะห์จะมีความสำคัญต่องานทางด้านเคมีในสาขาอื่น ๆ ได้แก่ ฟิสิกส์ ดาราศาสตร์ เครื่องกล บรรพชีวิน สังคมวิทยา และโบราณคดี เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ทั้งทางวิทยาศาสตร์ อุตสาหกรรม ศิลปะการสำรวจอวกาศ และการวินิจฉัยโรคทางการแพทย์ วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ทางเคมีเพื่อรวบรวมและตีความหมายของข้อมูลทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ การวิเคราะห์เชิงคุณภาพนั้น เป็นการวิเคราะห์หาชนิดของสารเคมีในตัวอย่าง เช่น การวิเคราะห์ น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมที่เป็นสาเหตุให้น้ำเน่าเสีย ต้องทำการวิเคราะห์เชิงคุณภาพหาชนิดของสารเคมีที่เป็นสาเหตุให้น้ำเน่าเสีย ซึ่งอาจมีพวกโลหะหนัก เช่น ปรอท สารหนู ตะกั่ว ปะปนมากับน้ำทิ้ง การวิเคราะห์เชิงคุณภาพนี้จะทำให้ทราบถึงชนิดของสารต่าง ๆ ที่เป็นสาเหตุทำให้น้ำเน่าเสีย สำหรับปริมาณของสารต่าง ๆ ที่ปะปนมากับ น้ำทิ้งนั้นสามารถทราบได้จากการวิเคราะห์เชิงปริมาณต่อไป

➢ความสำคัญของเคมีวิเคราะห์

เคมีวิเคราะห์เป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบหรือการศึกษาเกี่ยวกับสารเคมีที่สนใจ รวมไปถึงการพัฒนาเครื่องมือหรือวิธีสาหรับการตรวจสอบต่าง ๆ นอกจากนี้แล้วเคมีวิเคราะห์ยังมีบทบาทต่อวิทยาศาสตร์อีกหลายแขนง ดังภาพประกอบที่ 1.1 สำหรับตัวอย่างการนำเคมีวิเคราะห์ไปประยุกต์ใช้ในศาสตร์อื่น ๆ ได้แก่ การวิเคราะห์ความเข้มข้นของ O2 และ CO2 ในตัวอย่างเลือด สำหรับการวินิจฉัยและรักษาการเจ็บป่วย การวิเคราะห์ไอออนแคลเซียมในซีรัมเลือด (blood serum) เพื่อวินิจฉัยโรคพาราไทรอยด์ (parathyroid) ในคนในทางการแพทย์ การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองในดินเพื่อประเมินความต้องการธาตุอาหารของดินสำหรับการเพาะปลูกพืชในทางการเกษตร หรือการวิเคราะห์เหล็กกล้าระหว่างกระบวนการผลิตเพื่อปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของธาตุที่สำคัญเพื่อให้ได้วัสดุที่แข็ง เหนียว ทนการกัดกร่อนในทางวัสดุศาสตร์ เป็นต้น (วรวิทย์ จันทร์สุวรรณ, ม.ป.ป. : 2-3)



ภาพประกอบที่ 1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างเคมีวิเคราะห์ เคมีแขนงต่าง ๆ และวิทยาศาสตร์อื่น ๆ

ที่มา : ดัดแปลงจาก Skoog, D.A., West, D.M., Holler, F.J. & Crouch, S.R. (2013 : 45)

➢ประเภทของการวิเคราะห์ทางเคมี

การวิเคราะห์ทางเคมีโดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ การวิเคราะห์ เชิงคุณภาพ และการวิเคราะห์เชิงปริมาณดังนี้ (ปิยะเนตร จันทร์ถิระติกุล, 2557 : 3-4 และ Kenkel, J., 2014 : 2)

1. การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ (qualitative analysis) คือ การวิเคราะห์ที่ต้องการตรวจสอบชนิดหรือรูปแบบของสารต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบว่าประกอบด้วยไอออน โมเลกุล ธาตุ สารประกอบ หมู่ฟังก์ชัน รวมไปถึงลักษณะทางโครงสร้างของสารเหล่านั้นด้วย โดยการตรวจสอบตัวอย่างจะดำเนินการภายใต้สภาวะที่มีความจำเพาะและเหมาะสม ทำได้โดยการควบคุมสภาวะการทดสอบเปรียบเทียบกับวัสดุอ้างอิง และการประเมินผลของข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์

2. การวิเคราะห์เชิงปริมาณ (quantitative analysis) คือ การวิเคราะห์ที่ต้องการตรวจสอบหาปริมาณของธาตุที่เป็นองค์ประกอบ หรือสารประกอบต่าง ๆ ที่มีในสารตัวอย่างซึ่งอาจมีมากกว่า 1 ชนิด ก็ได้ โดยการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์สารตัวอย่างกับสารมาตรฐานที่ทราบปริมาณที่แน่นอน ซึ่งต้องทำภายใต้เงื่อนไขและการควบคุมสภาวะต่าง ๆ ที่มีผลต่อการทดลองให้เหมือนกัน เพื่อให้ผลการวิเคราะห์ได้ข้อมูล ที่มีความแม่น (accuracy) และความเที่ยง (precision) จำเป็นต้องมีการทำซ้ำในกระบวนการตรวจสอบนั้น ๆ แล้วนำข้อมูลมาคำนวณและประเมินผลทางสถิติ

➢วิธีการวิเคราะห์ทางเคมี

ศุภชัย ใช้เทียมวงศ์ (2555 : 2-3) ได้อธิบายวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์สามารถจาแจกได้ 2 ชนิดคือ

1. วิธีการวิเคราะห์แบบดั้งเดิม (classical method) คือ วิธีการวิเคราะห์ที่ใช้อุปกรณ์พื้นฐานทางเคมี เช่น กระบอกตวง ปิเปต บิวเรต ขวดวัดปริมาตร บีกเกอร์ และเครื่องชั่ง เป็นต้น สำหรับหามวลของสารตัวอย่าง ได้แก่ การวิเคราะห์โดยปริมาตร (volumetric analysis) เช่น การวิเคราะห์แบบการไทรเตรต (titration) เป็นต้น และการวิเคราะห์โดยน้ำหนัก (gravimetric analysis) เช่น การวิเคราะห์แบบตกตะกอน (precipitation) เป็นต้น

2. วิธีวิเคราะห์แบบใช้เครื่องมือ (instrumental method) คือ เป็นการวิเคราะห์ที่อาศัยเครื่องมือที่ทันสมัย ซึ่งการวิเคราะห์อาจจะใช้เครื่องมือช่วยวิเคราะห์ในบางขั้นตอนหรืออาจใช้ทั้งหมดขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของการทดลอง ตัวอย่างเช่นในการไทเทรตกรด-เบส อาจใช้ มาตรวัดความเป็นกรด-เบส (pH meter) มาใช้ในการหาจุดยุติแทนการใช้อินดิเคเตอร์ การวิเคราะห์โดยการใช้เทคนิคทางแสง (optical techniques) เป็นการวัดพลังงานของแสงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ถูกดูดกลืนโดยสารหรือถูกเปล่งออกมาจากสาร เป็นต้น

ภาพประกอบที่ 1.2 วิธีการวิเคราะห์ทางเคมี

ที่มา : ดัดแปลงจาก ศุภชัย ใช้เทียมวงศ์ (2555 : 3)