

# บทที่ ๑

## บทนำ

### เนื้อหา

- 1.1 วิทยาศาสตร์คืออะไร
- 1.2 การแบ่งแขนงของวิทยาศาสตร์
- 1.3 เคมีคืออะไร
- 1.4 ความสำคัญของเคมี
- 1.5 สาขาของเคมี
- 1.6 ประวัติย่อของเคมี
- 1.7 สสารและการจำแนกสสาร
- 1.8 พลังงาน
- 1.9 การวัด
  - 1.9.1 หน่วยของการวัด
  - 1.9.2 เลขนัยสำคัญ

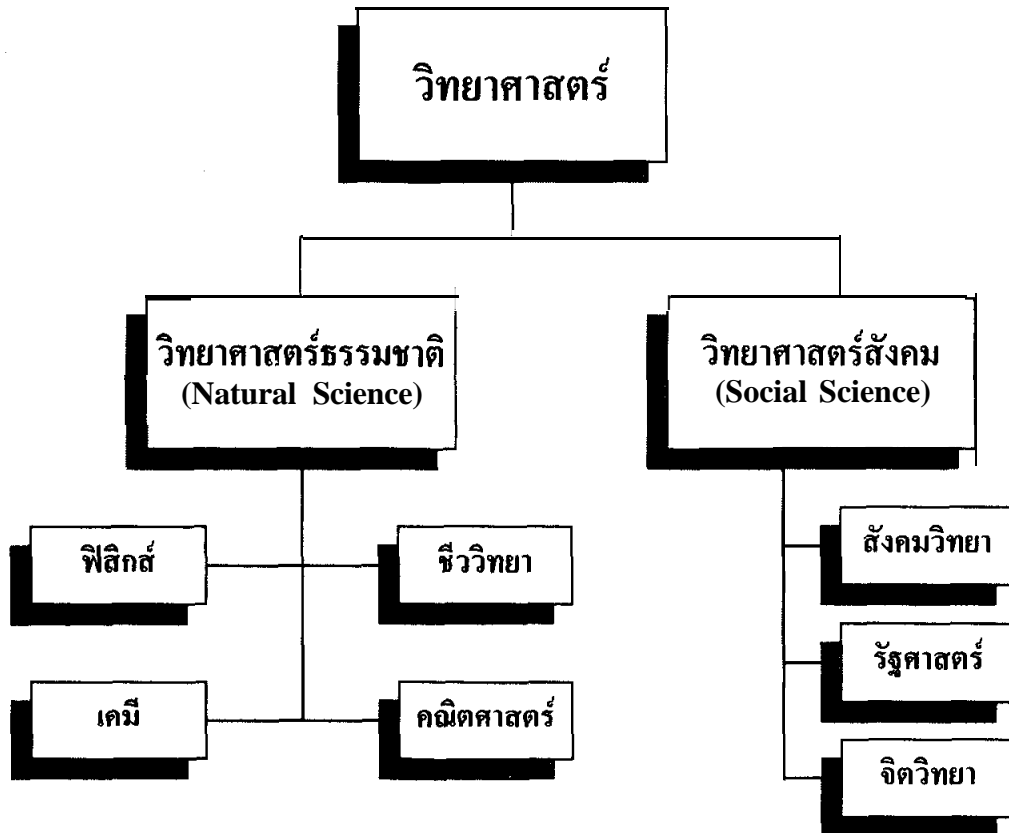
### 1.1 วิทยาศาสตร์คืออะไร

**วิทยาศาสตร์** คือ ความรู้ที่ได้พบได้เห็นมาเป็นเวลานานปี แล้วนำมารวบรวมและแยกออกไว้เป็นหมวดหมู่ โดยใช้หลักว่า ความรู้อันใดที่มีความคล้ายคลึงกันก็จัดไว้หมวดเดียวกัน หรือแขนงเดียวกัน อย่างเป็นระเบียบ และความรู้แขนงต่าง ๆ เหล่านั้นได้รับการพิสูจน์แล้วว่าเป็นความจริงทั้งโดยการทดลองและโดยการอนุมานทางคณิตศาสตร์ ความรู้แขนงต่าง ๆ เหล่านี้จัดเป็น**วิทยาศาสตร์**

นักปราชญ์คนแรกที่ได้รับเริ่มพิสูจน์หาความจริงโดยการทดลอง คือ กาลิเลโอ (Galileo) และเซอร์ ไอแซค นิวตัน (Sir Isaac Newton) เป็นนักปราชญ์คนแรกที่ได้รับเริ่มพิสูจน์หาความจริงของความรู้ที่จัดเป็นหมวดหมู่เหล่านั้น โดยวิธีคณิตศาสตร์

## 1.2 การแบ่งแขนงของวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์อาจแบ่งออกได้เป็นแขนงใหญ่ ๆ ได้ 2 แขนง ดังนี้



สำหรับวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ : เคมี ฟิสิกส์ ชีววิทยา และคณิตศาสตร์ จัดเป็นวิทยาศาสตร์พื้นฐาน (Basic Science)

ในบางแห่งอาจแบ่งวิทยาศาสตร์ไปเป็น 2 แขนงอื่น เช่น

1. วิทยาศาสตร์บริสุทธิ์ (Pure Science) ซึ่งเป็นวิชาที่เกี่ยวกับกฎเกณฑ์ต่าง ๆ และความเป็นไปของวิทยาศาสตร์สาขานั้น ๆ เท่านั้น

2. วิทยาศาสตร์ประยุกต์ (Applied Science) ซึ่งกล่าวถึงการนำเอาความรู้วิทยาศาสตร์ในสาขานั้น ๆ ไปใช้ให้เป็นประโยชน์ในกิจการต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน เช่น วิชาแพทย์ วิศวกรรม เคมีประยุกต์ ฯลฯ

### 1.3 เคมีคืออะไร

คำจำกัดความของเคมีจะให้ความหมายแน่นอนตายตัวได้ยาก ทั้งนี้เพราะขอบข่ายของเคมีเปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลา ทำให้นักเคมีสนใจศึกษาหาความรู้เพิ่มขึ้นอยู่เสมอ แต่อย่างไรก็ตาม คำจำกัดความอย่างกว้าง ๆ ของเคมี อาจกล่าวได้ว่า เคมีคือวิทยาศาสตร์สาขาหนึ่งที่ศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างและองค์ประกอบของสสาร การเปลี่ยนแปลงซึ่งเกิดขึ้นในองค์ประกอบของสสารนั้น และกลไกของปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงเหล่านั้น

### 1.4 ความสำคัญของเคมี

เคมีมีส่วนที่ช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่มนุษย์อย่างมากมาย และเห็นได้ชัดว่า เคมีได้วิวัฒนาการมาจากความต้องการเข้าใจธรรมชาติ และจะเปลี่ยนสารธรรมชาติให้เป็นสารที่มีประโยชน์ยิ่งขึ้น ความพยายามที่จะเปลี่ยนความต้องการไปสู่ความจริงเหล่านั้น ได้ประสบความสำเร็จอย่างมากมายแล้ว ตัวอย่างเช่น ผลของโยสึงเคราะห์ เช่น ไนลอนและดาครอน นำเอามาทำเป็นผ้าตามความต้องการของมนุษย์ โลหะผสม พลาสติก ยางและสีที่มีคุณภาพ ซึ่งนำเอามาใช้กับที่อยู่อาศัยและการขนส่ง ผลของปุ๋ย วัตถุมีพิษ และการถนอมอาหารซึ่งนำเอามาจำหน่ายและเก็บรักษาไว้ได้นาน ๆ คุณค่าของยาที่มีมหาศาล เช่น ยาปฏิชีวนะ ยาแก้ปวด และยารักษาโรคต่าง ๆ ซึ่งบรรเทาทุกข์ทรมานของมนุษย์และทำให้มนุษย์มีชีวิตยืนยาวขึ้น เป็นต้น

ดังนั้น จึงพอจะสรุปได้ชัดเจนได้ว่า เคมีมีความสำคัญต่อชีวิตประจำวัน หรือต่อบัณฑิตของมนุษย์เรามากมาย ดังนี้

1. **อาหาร** เคมีช่วยให้เราได้รับรู้วิธีการรักษาอาหารไม่ให้บูดเสีย รู้จักคุณค่าของอาหารว่าคนเราต้องการแป้ง ไขมัน โปรตีน วิตามิน แร่ธาตุต่าง ๆ อย่างเพียงพอในจำนวนเท่าไร รวมทั้งการประดิษฐ์อาหารและผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวกับอาหารขึ้นได้อีกด้วย

2. **เครื่องนุ่งห่ม** เคมีช่วยให้เราได้รับรู้จักสีย้อมผ้า สมัยก่อนมักใช้สีจากพฤษภมาย้อมผ้า แต่ใน ค.ศ. 1856 ได้ริเริ่มใช้สีที่เตรียมได้จากถ่านหิน นอกจากนั้นเคมียังรู้วิธีทำไหมเทียม ทำพลาสติก ทำไนลอน เพื่อทำเสื้อผ้าสวย ๆ ใช้อีกด้วย

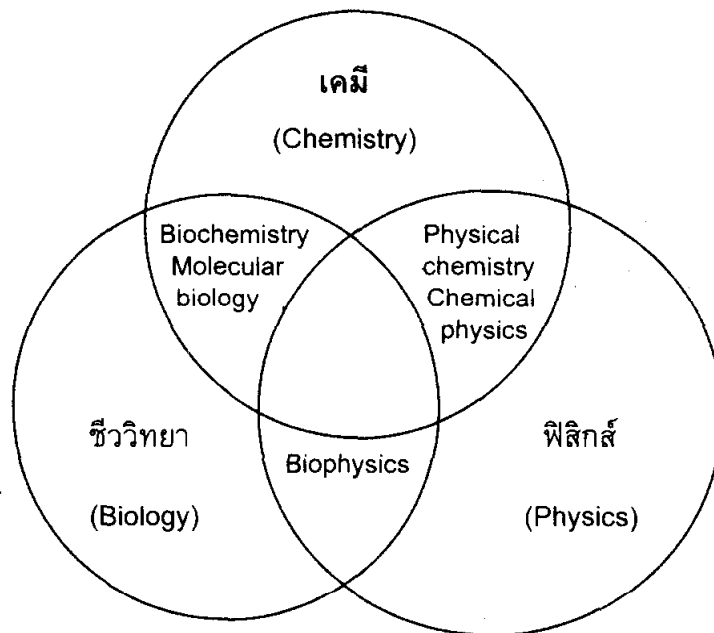
3. ยาและสุขภาพอนามัย แต่ก่อนนี้อัตราคนตายมีมาก แต่ต่อมาอัตรานั้นได้ลดน้อยลงไป ทั้งนี้เพราะกินอาหารดีขึ้น มีน้ำบริโภคดีขึ้น น้ำประปาก็ต้องใช้ความรู้ของวิชาเคมีทำให้บริสุทธิ์ นอกจากนี้ยังมียาใหม่ ๆ ที่ใช้เป็นผลดีเป็นอันมาก เช่น ยาปฏิชีวนะ ยาพวกซัลฟาสำหรับฆ่าเชื้อโรค การค้นพบยาชา ช่วยให้ศัลยกรรมได้ผลดียิ่งขึ้น การพบคลอโรฟอร์ม โคเคน ก๊าซหัวเราะ อีเทอร์ (ซึ่งเป็นยาชา) ได้ช่วยชีวิตคนไข้ไว้มาก

4. ที่อยู่อาศัยและเครื่องใช้ ปัจจุบันมีเครื่องใช้ไม้สอยที่ทำด้วยโลหะ รถยนต์ น้ำมัน สิ่งชักฟอก เครื่องก่อสร้าง เช่น เหล็ก เหล็กกล้า อะลูมิเนียม ซีเมนต์ คอนกรีต กระจกแตกไม่บาด เป็นต้น

ความก้าวหน้าเหล่านี้ เป็นผลโดยตรงของความรู้ที่ขยายออกไปของกฎ ความคิดรวบยอด และทฤษฎีทางเคมี ความรู้ทางเคมีไม่เพียงแต่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาของเทคโนโลยีที่ต้องการผลิตสิ่งอุปโภคบริโภคอย่างมากเท่านั้น แต่ความรู้ทางเคมียังมีประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้าสิ่งที่สลับซับซ้อน เช่น ระบบต่าง ๆ ในร่างกายมนุษย์ ซึ่งล้วนแต่เกี่ยวข้องับปฏิกิริยาเคมีทั้งสิ้น โดยทำให้ทราบถึงโครงสร้างของกรดนิวคลีอิก และกลไกของการถ่ายทอดรหัสพันธุกรรม เป็นต้น นอกจากนี้ ความรู้ทางเคมียังสามารถใช้ศึกษาระบบทางเคมีที่น่าสนใจต่าง ๆ ได้อีกมากมาย

## 1.5 สาขาของเคมี

เคมีมีขอบเขตกว้างขวางมาก ครั้งหนึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ถูกจัดไว้เป็นหมวดหมู่และมีส่วนเชื่อมโยงระหว่างวิทยาศาสตร์สาขาค่าต่าง ๆ อย่างแน่นอนตายตัว อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันเคมีมีส่วนที่สัมพันธ์กับวิทยาศาสตร์แขนงอื่นอย่างใกล้ชิด เช่น เคมีในแนวหนึ่งมีความสัมพันธ์กับฟิสิกส์ และในอีกแนวหนึ่งสัมพันธ์กับชีววิทยา (ดังรูปที่ 1.1) มีทั้งนักฟิสิกส์เคมี (Chemical Physicists) และนักเคมีฟิสิกส์ (Physical Chemists) ที่สนใจในปรากฏการณ์ทางธรรมชาติอันเดียวกัน ในทำนองเดียวกันก็มีนักชีววิทยาโมเลกุล (Molecular Biologists) และนักชีวเคมี (Biochemists) ศึกษาปัญหาที่คล้ายคลึงกัน แต่มีความแตกต่างกันเล็กน้อยในเนื้อหาที่สำคัญ ๆ เป็นต้น



รูปที่ 1.1 ขอบเขตเนื้อหาที่สนใจร่วมกันระหว่างวิทยาศาสตร์

เคมีอาจแบ่งออกเป็นสาขาใหญ่ ๆ ตามความสัมพันธ์ของเนื้อหาได้ 5 สาขา คือ

1. เคมีอินทรีย์ (Organic Chemistry) เป็นวิชาเคมีที่ศึกษาเกี่ยวกับสารที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ
2. เคมีอนินทรีย์ (Inorganic Chemistry) เป็นวิชาเคมีที่ศึกษาเกี่ยวกับสารที่เกิดมาจากแร่ธาตุต่าง ๆ โดยตรง
3. เคมีวิเคราะห์ (Analytical Chemistry) เป็นวิชาเคมีที่ศึกษาถึงวิธีหาส่วนประกอบของสาร ทั้งในด้านคุณภาพวิเคราะห์ และปริมาณวิเคราะห์
4. เคมีฟิสิกส์ (Physical Chemistry) เป็นวิชาเคมีที่ศึกษาถึง ความจริง กฎ และทฤษฎีต่าง ๆ ที่ใช้อธิบายในการเปลี่ยนแปลงของสาร
5. ชีวเคมี (Biochemistry) เป็นวิชาเคมีที่ศึกษาถึงกระบวนการทางเคมีที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต และสารต่าง ๆ ที่มีอยู่ในสิ่งมีชีวิต

นอกจากนี้ เคมียังแบ่งสาขาย่อยออกไปได้อีกมากมาย เช่น เคมีไฟฟ้า เคมีนิวเคลียร์ เคมีธรณี เคมีวิศวกรรม เคมีอุตสาหกรรม เคมีเภสัช เคมีเทคนิค เคมีอาหาร เคมีเกษตร เคมีดาราศาสตร์ เคมีนิเวศน์วิทยา ฯลฯ เป็นต้น

## 1.6 ประวัติโดยย่อของเคมี

เคมีมีวิวัฒนาการมาตั้งแต่สมัยโบราณ และเพื่อความสะดวกแก่การศึกษา จึงจะแบ่งออกเป็นยุคต่าง ๆ โดยย่อ ดังนี้

**1.6.1 ยุคก่อนประวัติศาสตร์ ถึง ค.ศ. 500** คำว่า เคมี บางทีอาจจะมาจากภาษาอียิปต์ว่า "Chemeia" ซึ่งหมายถึง "อียิปต์" ดินแดนสีดำแห่งลุ่มแม่น้ำไนล์ ชาวอียิปต์ได้รู้จักใช้วิธีการทางเคมีในการผลิตเหล้าองุ่น การถลุงโลหะ การทำเครื่องถ้วยชาม การทำแก้ว และยังรู้จักทำศพอบยามีให้เน่าเปื่อยอีกด้วย นักปราชญ์ชาวกรีกสมัยนั้น อริสโตเติล (Aristotle) และ เดโมคริตัส (Democritus) ได้แสดงความคิดเห็นในเรื่องโครงสร้างของสาร โดยคิดหาเหตุผลเพียงอย่างเดียวไม่ได้ทำการทดลองประกอบให้เห็นจริง (ดังจะได้กล่าวโดยละเอียดในเรื่องโครงสร้างของอะตอมต่อไป) และอริสโตเติลได้รวบรวมทฤษฎีเกี่ยวกับสสาร แล้วสรุปว่า สสารต่าง ๆ ประกอบขึ้นด้วยธาตุ 4 อย่าง คือ ดิน น้ำ ลม ไฟ การที่สสารต่าง ๆ มีสมบัติผิดกันก็เพราะว่าสสารเหล่านั้นมีสัดส่วนของดิน น้ำ ลม ไฟ ต่างกัน

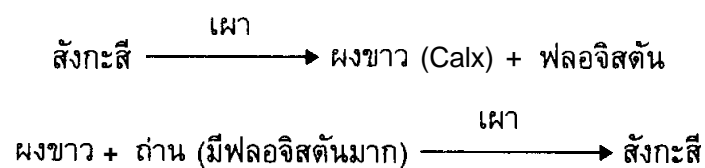
**1.6.2 ยุคการเล่นแร่แปรธาตุ (Alchemy) ยุคนี้อยู่ระหว่าง ค.ศ. 500 ถึง 1500** ในตอนต้นของยุคนี้ นักเคมีมีความสนใจในเรื่องการเล่นแร่แปรธาตุ โดยพยายามค้นหาวิธีที่จะเปลี่ยนโลหะที่มีค่าต่ำให้เป็นโลหะที่มีค่าสูง เช่น เปลี่ยนโลหะตะกั่ว เหล็ก ทองแดง ให้เป็นทองคำ เป็นต้น ซึ่งปรากฏว่า ไม่เคยประสบความสำเร็จเลย ความรู้ทางเคมีได้แพร่เข้าไปสู่ยุโรปในยุคนี้ (ประมาณ ค.ศ. 1100) ในปลายยุคนี้นักเคมีหมดความสนใจในการค้นหาวิธีทำโลหะที่มีค่าต่ำให้เป็นโลหะที่มีค่าสูงแล้ว และได้เริ่มสนใจกับการค้นคว้าหาอายุวัฒนะ (Elixir of Life) ซึ่งเชื่อกันว่า จะใช้รักษาโรคทุกชนิดได้ และทำให้ไม่แก่มีอายุยืนนาน

**1.6.3 ยุคการเสาะแสวงหาอายุวัฒนะ หรือที่เรียกว่า ยุค Iatrochemistry** (ประมาณ ค.ศ. 1500-1600) ในยุคนี้ นักเคมีได้พยายามค้นคว้าหาอายุวัฒนะและบรรดาการรักษาโรคต่าง ๆ

**1.6.4 ยุคปัจจุบัน** เคมียุคปัจจุบันโดยทั่วไปถือกันว่าเริ่มต้นจากโรเบิร์ต บอยล์ (Robert Boyle) (ค.ศ. 1627-1691) ด้วยเหตุผลใหญ่ 2 ประการ คือ ประการแรก โรเบิร์ต บอยล์ศึกษาเคมีเพื่อเคมี กล่าวคือ มิใช่จะศึกษาเคมีเพื่อจะแปรสารอื่นให้เป็นทองคำ หรือเพื่อจะทำแต่ยารักษาโรคเท่านั้น แต่ศึกษาเพื่อความเจริญรุ่งเรืองของเคมีโดยเฉพาะ ประการที่สอง โรเบิร์ต

บอยล์ ได้ใช้วิธีการทดลองเข้าประกอบการศึกษาเพื่อทดสอบความจริงและทฤษฎีต่าง ๆ ของเคมี และถือว่าเป็นเรื่องสำคัญกว่าที่จะคิดเพื่อผ่นเฉย ๆ โดยไม่มีการทดลองพิสูจน์ ยิ่งไปกว่านั้น โรเบิร์ต บอยล์ เป็นคนแรกที่ได้แสดงให้เห็นจริงว่า ทฤษฎีเก่า ๆ ทางเคมีที่เคยเชื่อถือกันมา แต่โบราณนั้นไม่เป็นความจริง เช่น ได้เลิกล้มทฤษฎีของอริสโตเติลที่เกี่ยวกับดิน น้ำ ลม ไฟ

นักวิทยาศาสตร์ที่สำคัญอีกคนหนึ่ง คือ ลาวัวซิเยร์ (Lavoisier) (ค.ศ. 1743-1794) ซึ่งถือว่าเป็นผู้เริ่มต้นเคมียุคปัจจุบัน ในช่วงระยะเวลาจากโรเบิร์ต บอยล์ ถึงลาวัวซิเยร์ เป็นระยะเวลาห่างกันประมาณ 100 ปี ในระยะนี้ ได้มีทฤษฎีฟลอจิสตัน (Phlogiston Theory) เกิดขึ้น ผู้ตั้งทฤษฎี คือ สตาฮ์ล (Stahl) (ค.ศ. 1660-1734) ทฤษฎีนี้ถือว่า วัตถุยอมประกอบด้วยฟลอจิสตัน (Phlogiston) เมื่อวัตถุใดไหมไฟ ฟลอจิสตันยอมจะหนีออกไป เหลือเป็นกากเรียกว่า Calx ถ้ากากนั้นได้รับฟลอจิสตันกลับคืนมา ก็ยอมจะกลายกลับไปเป็นวัตถุเดิมเช่น



ทฤษฎีนี้มีนักเคมียุคนั้นสนับสนุนมาก ลาวัวซิเยร์เป็นผู้แสดงให้เห็นว่า ทฤษฎีนี้ไม่เป็นจริง และได้ตั้งทฤษฎีแห่งการเผาไหม้ (Theory of combustion) ขึ้นใหม่ ซึ่งยังผลให้ทฤษฎีฟลอจิสตันต้องเลิกล้มไป ทำให้ลาวัวซิเยร์มีชื่อเสียงมาก

ต่อมา จอห์น ดาลตัน (John Dalton) (1766-1844) ได้แถลงทฤษฎีอะตอม (Dalton's Atomic Theory) ซึ่งเป็นรากฐานของเคมีสมัยใหม่

นับตั้งแต่สมัยลาวัวซิเยร์เป็นต้นมา ได้มีนักเคมีที่สำคัญ ๆ เป็นจำนวนมากที่ทำการค้นคว้าตั้งทฤษฎี และกฎต่าง ๆ ทางเคมี อันเป็นผลให้วิชาเคมีเจริญรุ่งเรืองมากจนถึงปัจจุบันนี้

## 1.7 สสารและการจำแนกสสาร

**สสาร** คือสิ่งที่ต้องการที่อยู่ มีมวล และอาจสัมผัสได้ โดยทั่วไปสสารดำรงอยู่ได้ 3 สถานะ คือ แก๊ส ของเหลว ของแข็ง สสารสามารถหามวลและชั่งน้ำหนักของมันได้

### 1.7.1 สมบัติของสสาร (Properties of Matter)

สมบัติของสสารหมายถึง ลักษณะเฉพาะตัวของสสารที่สามารถบอกให้เราได้ว่าทราบว่าเป็นอะไร เช่น เกลือแกงบอกได้จากรสเค็ม แอมโมเนียบอกได้จากกลิ่น เป็นต้น

สมบัติของสสารแบ่งออกได้เป็นสองอย่างคือ สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมี (Physical Properties and Chemical Properties)

**สมบัติทางกายภาพ** หมายถึงสมบัติของสสาร ที่เราสามารถสังเกตได้โดยไม่ต้องใช้ปฏิกิริยาเคมี เช่น สังเกตได้จากสี กลิ่น รส สถานะที่อุณหภูมิปกติ ความหนาแน่น ปริมาณการละลายในน้ำ ความแข็งความเหนียว ดึงเป็นเส้นลวด ตีแผ่เป็นแผ่น การนำความร้อนและไฟฟ้า เป็นต้น

**สมบัติทางเคมี** เป็นสมบัติของสสาร ซึ่งทราบได้โดยการสังเกตปฏิกิริยาของสารเมื่อสัมผัสกับสารเคมี เช่น ตรวจสอบว่าสารนั้นมีความว่องไวทางเคมีหรือไม่กับสารเคมีต่อไปนี้ เช่น น้ำ กรด เบส เป็นต้น ดังเช่นไฮโดรเจนไหม้ไฟในออกซิเจน โซเดียมทำปฏิกิริยากับน้ำอย่างรวดเร็วและรุนแรง กรดสะเทินกับเบสดังนี้ เป็นต้น

### 1.7.2 การเปลี่ยนแปลงของสสาร

การเปลี่ยนแปลงของสสารอาจจำแนกออกเป็นอันใดอันหนึ่งระหว่างการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ (Physical change) กับการเปลี่ยนแปลงทางเคมี (Chemical change)

**การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ** เป็นการเปลี่ยนแปลงที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของสารแต่อย่างใด รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร เช่น การหลอมเหลว การระเหยและอื่น ๆ รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงในรูปและขนาดด้วย

**การเปลี่ยนแปลงทางเคมี** เป็นการเปลี่ยนแปลงในสาร ซึ่งองค์ประกอบของมันเปลี่ยนไปจากสารหนึ่งไปเป็นอีกสารหนึ่ง เช่น การรวมตัวของซัลเฟอร์กับออกซิเจน เป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นต้น

### 1.7.3 การจำแนกสาร

สารที่มีส่วนต่าง ๆ และสมบัติแตกต่างกัน เรียกว่าสารวิวิธพันธ์หรือของผสม เช่น หินแกรนิต ดินปืน น้ำโคลน เป็นต้น ถ้าใช้เลนซ์ส่องดูชั้นของหินแกรนิตจะพบว่ามีผลึกที่ต่างกัน 3 ชนิด คือ ควอทซ์ (quartz) เฟลสปาร์ (feldspar) และไมกา (mica) สมบัติของผลึกแต่ละชนิดแตกต่างกันมากส่วนหนึ่งของควอทซ์มีสมบัติเหมือนกับควอทซ์ส่วนอื่น ๆ สมบัติของเฟลสปาร์และไมกาก็เช่นเดียวกันผลึกแต่ละชนิดของหินแกรนิตเป็นสารเอกพันธ์ แต่ของผสมของสารเอกพันธ์เหล่านั้นเป็นสารวิวิธพันธ์หรือของผสม

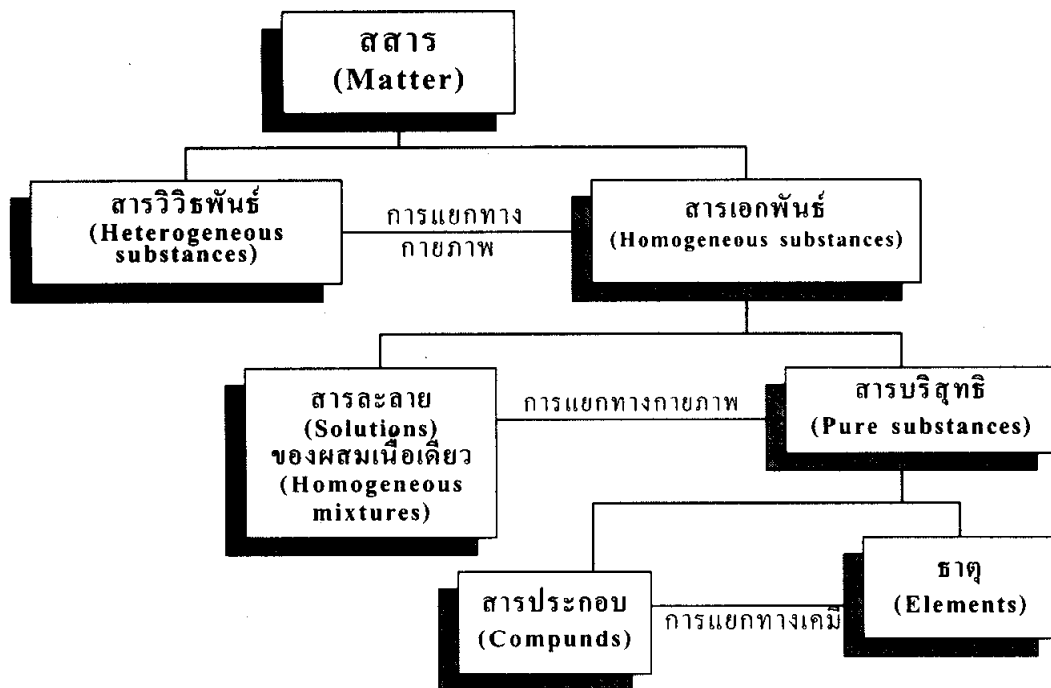
สารที่มีสมบัติเหมือนกันโดยตลอด ทุกส่วนเหมือนกันหมด สมบัติของส่วนใดส่วนหนึ่ง มีสมบัติเหมือนกันกับส่วนอื่น ๆ สารซึ่งมีสมบัติเหมือนกันทุกอย่างนี้ เรียกว่า สารเอกพันธ์ ซึ่งแบ่งออกได้เป็นสารละลาย และสารบริสุทธิ์



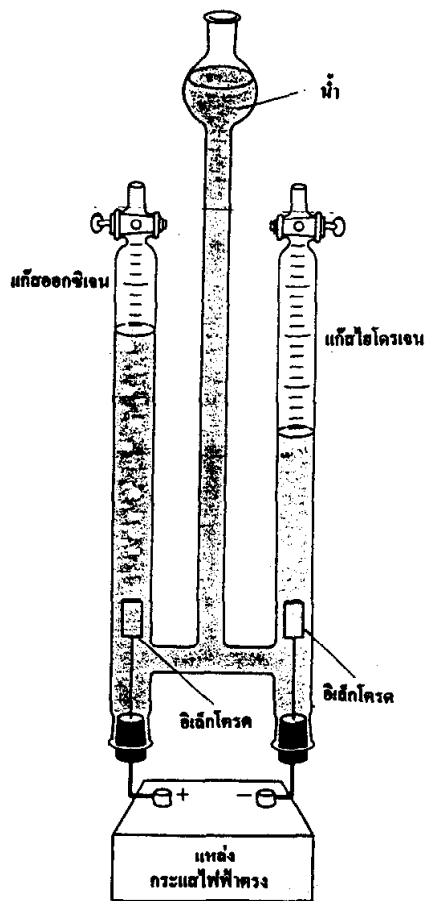
**สารละลาย** คือ ของผสมที่มีเนื้อเดียวกัน เช่น น้ำตาลละลายน้ำ ผลของสารละลายมีสมบัติเหมือนกันโดยตลอดจำนวนน้ำตาลหรือน้ำ อาจจะมีมากขึ้นหรือน้อยลงก็ได้ แต่ยังคงมีของผสมเนื้อเดียวกันของสาร 2 อย่าง สารละลายนี้ยังคงมีรสหวานของน้ำตาลอยู่ น้ำอาจจะเหวี่ยงออกไปโดยการระเหย และได้น้ำตาลกลับคืนในสภาพเดิมของมัน อากาศเป็นสารละลายของแก๊สต่างๆ ส่วนผสมของอากาศประกอบด้วยไนโตรเจน ออกซิเจน อาร์กอน คาร์บอนไดออกไซด์ และไอน้ำ แก๊สแต่ละชนิดที่อยู่ในอากาศจะมีสมบัติเฉพาะตัวของมัน โลหะผสม เช่น ทองเหลือง (ทองแดงกับสังกะสี) จัดเป็นสารละลายของแข็ง

**สารบริสุทธิ์** คือ สารที่มีสมบัติอย่างเดียวกัน และมีองค์ประกอบที่แน่นอนอย่างเดียวกัน เช่น น้ำตาล น้ำ เหล็กแดง ทองแดง เป็นตัวอย่างของสารบริสุทธิ์ทั้งสิ้น สารบริสุทธิ์อาจเรียกกง่าย ๆ ว่า "สาร" แบ่งออกเป็นสารประกอบและธาตุ

**สารประกอบ** คือ สารซึ่งอาจถูกแยกออกเป็นสารอื่น ๆ 2 สาร หรือมากกว่าโดยวิธีเคมีธรรมดา นักเคมีสามารถแยกน้ำออกเป็น 2 สาร คือ ไฮโดรเจนและออกซิเจน ดังนั้น น้ำจึงเป็นสารประกอบ

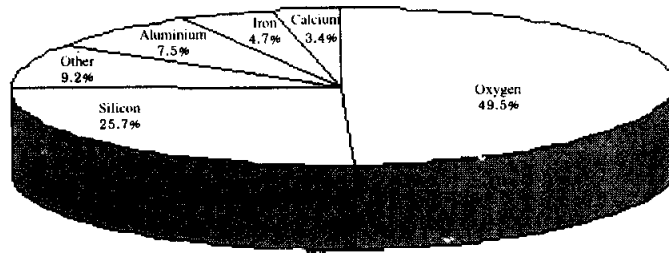


รูปที่ 1.2 แผนภูมิแสดงการจำแนกสาร การแยกทางกายภาพเกี่ยวข้องกับการใช้ความแตกต่างในสมบัติของสาร แยกสารออกจากกัน การแยกทางเคมีเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนรูปสารหนึ่งไปเป็นสารอื่น หนึ่งสารหรือมากกว่า

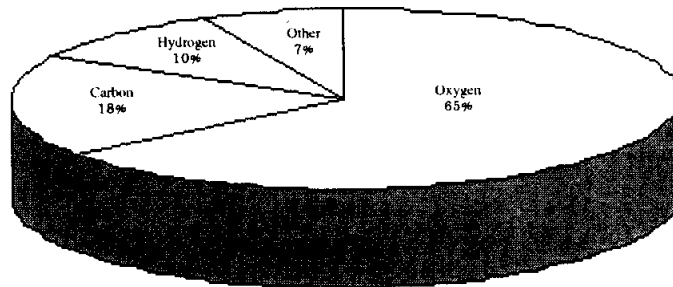


รูปที่ 1.3 การแยกสลายสารประกอบ น้ำถูกแยกออกเป็นธาตุไฮโดรเจนและออกซิเจน โดยการผ่านกระแสไฟฟ้าตรงลงไปในน้ำ

ธาตุ คือ สารที่ไม่สามารถแยกสลายออกไปได้อีกโดยวิธีเคมีธรรมดา นักเคมีไม่เคยประสบผลสำเร็จในการแยก คาร์บอน ไฮโดรเจน หรือออกซิเจน ให้ไปเป็นสารอื่น ๆ ได้ ดังนั้น สารเหล่านี้จึงเป็นธาตุตามความหมายนี้



(1) เปลือกโลก



(2) ร่างกายมนุษย์

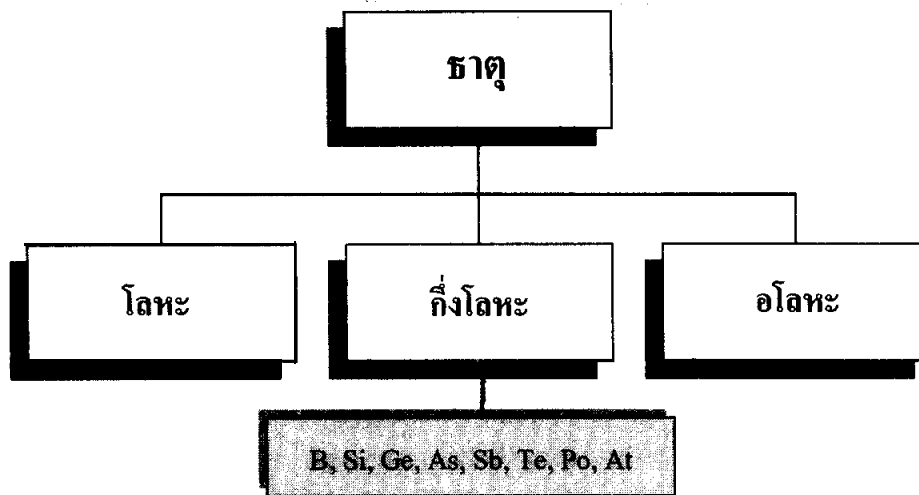
รูปที่ 1.4 ธาตุร้อยละโดยมวลใน (1) เปลือกโลก (รวมมหาสมุทรและบรรยากาศ)  
(2) ร่างกายมนุษย์

ธาตุที่พบแล้วมี 109 ธาตุ (ตุลาคม 1990) ธาตุเหล่านั้นมีปริมาณแตกต่างกันมาก ดังแสดงในรูปที่ 1.4 ตัวอย่างเช่น มากกว่าร้อยละ 90 ของมวลที่เปลือกโลกประกอบไปด้วยธาตุ 5 ธาตุ เท่านั้น คือ ออกซิเจน ซิลิคอน อะลูมิเนียม เหล็ก และแคลเซียม ในทางตรงกันข้าม มากกว่าร้อยละ 90 ของมวลของร่างกายมนุษย์มีธาตุเพียง 3 ธาตุเท่านั้น คือออกซิเจน คาร์บอน และไฮโดรเจน

ธาตุที่คุ้นเคยบางธาตุในตารางที่ 1.1 ประกอบด้วยธาตุและสัญลักษณ์ที่ใช้แทนธาตุเหล่านั้น (ธาตุทั้งหมดจะแสดงไว้ในตารางธาตุในภาคผนวกของตำราเล่มนี้) สัญลักษณ์ของธาตุจำนวนมากได้มาจากชื่อภาษาอังกฤษของธาตุ แต่บางธาตุก็ได้มาจากชื่อภาษาละตินดังนี้

Aluminum		Al
Antimony	<i>Stibium</i>	Sb
Barium		<b>Ba</b>
Calcium		Ca
Carbon		C
Chlorine		Cl
Copper	<i>Cuprum</i>	cu.
Fluorine		F
Gold	<i>Aurum</i>	Au
Helium		He
Hydrogen		H
Iodine		I
Iron	<i>Ferrum</i>	Fe.
Lead	<i>Plumbum</i>	Pb
Magnesium		<b>Mg</b>
Mercury	<i>Hydrargyrum</i>	<b>Hg</b>
Nitrogen		N
<b>Oxygen</b>		O
Phosphorus		P
Platinum		<b>Pt</b>
Potassium	<i>Kalium</i>	K
Silicon		Si
Silver	<i>Argentum</i>	<b>Ag</b>
Sodium	<i>Natrium</i>	Na
Sulfur		S
Tin	<i>Stannum</i>	Sn
Zinc		Zn

ธาตุใหม่ ๆ ที่พบคือ ธาตุที่ 93 - 109 ซึ่งเป็นธาตุที่สังเคราะห์ขึ้นทั้งนั้น และธาตุทั้ง 109 ธาตุที่ได้พบนี้ที่อุณหภูมิและความดันธรรมดามีสถานะเป็นแก๊ส 11 ธาตุ คือ H<sub>2</sub>, He, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, F<sub>2</sub>, Ne, Cl<sub>2</sub>, Ar, Kr, Xe, Rn มีสถานะเป็นของเหลว 2 ธาตุ คือ Br<sub>2</sub> และ Hg ธาตุ นอกเหนือไปจากนี้มีสถานะเป็นของแข็ง และอาจจำแนกธาตุตามสมบัติออกเป็นดังนี้



โดยทั่วไปโลหะหมายถึง ธาตุซึ่งมีสมบัติที่รู้จักกันดีคือนำความร้อนและไฟฟ้าที่ดี เป็นมันวาวหรือสุกใส เหนียวตีแผ่เป็นแผ่นได้ โลหะส่วนมากเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง (ยกเว้นปรอทเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง) มีจุดหลอมเหลวและความหนาแน่นสูง โลหะไม่รวมตัวกันเองเป็นสารประกอบ แต่จะรวมตัวกับอโลหะเกิดเป็นสารประกอบได้

อโลหะ เป็นธาตุที่มีสมบัติตรงกันข้ามกับโลหะ คือ ไม่เป็นตัวนำไฟฟ้าและความร้อน ไม่เป็นมันวาว อโลหะที่เป็นของแข็งส่วนใหญ่เปราะมีจุดหลอมเหลวและความหนาแน่นต่ำ อโลหะจะรวมตัวกับโลหะเกิดเป็นสารประกอบและรวมตัวกันเองเป็นสารประกอบอีกด้วย เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนไดซัลไฟด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์

นอกจากนี้ยังพบว่ามีธาตุที่มีสมบัติระหว่างโลหะกับอโลหะอีก ซึ่งเรียกธาตุพวกนี้ว่า กึ่งโลหะ (semi-metals หรือ metalloids) ได้แก่ธาตุโบรอน (B), ซิลิคอน (Si), เจอร์เมเนียม (Ge), สารหนู (Arsenic, As), พลวง (Antimony, Sb), เทลลูเรียม (Te), พอลอเนียม (Po) และแอสทาทีน (At).

## 1.8 พลังงาน (Energy)

**พลังงาน** คือความสามารถในการทำงาน ซึ่งมีอยู่หลายรูปด้วยกัน เช่น ความร้อน แสง เสียง ไฟฟ้า เคมี นิวเคลียร์ พลังงานกล เป็นต้น

พลังงานสามารถเปลี่ยนจากรูปหนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่งได้ เช่น การเผาไหม้ถ่านหินเพื่อให้เกิดพลังงานความร้อน (เป็นการเปลี่ยนพลังงานศักย์ไปเป็นพลังงานจลน์) พลังงานความร้อนที่ได้นำไปต้มน้ำ ไอน้ำที่เกิดขึ้นนำไปปั่นไฟฟ้า ทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้า เมื่อนำพลังงานไฟฟ้า

ไปใช้ขับเคลื่อนเครื่องยนต์จะให้พลังงานกล นำไปใช้กับหลอดไฟฟ้าจะให้พลังงานแสง นำไปใช้กับวิทยุให้พลังงานเสียง นำไปใช้กับเครื่องปิ้งขนมปัง จะให้พลังงานความร้อน

มีความจริงประการหนึ่งซึ่งกล่าวกันเป็นที่ค้ำหว่า **สสารไม่สูญหายไปจากโลก หรือ พลังงานไม่สูญหายไปไหน** ข้อความนี้ได้มาจากกฎ 2 กฎ ด้วยกัน คือ กฎทรงมวล (Law of Conservation of Mass) และกฎทรงพลังงาน (Law of Conservation of Energy) ซึ่งใจความของกฎมีดังนี้

**กฎทรงมวล** มีใจความว่ามวลของสารทั้งหมดก่อนทำปฏิกิริยาเท่ากับมวลของสารทั้งหมดหลังทำปฏิกิริยา

**กฎทรงพลังงาน** มีใจความว่า พลังงานเป็นสิ่งที่ไม่สูญหายไป และมีอยู่เท่าเดิม แต่อาจเปลี่ยนจากรูปหนึ่งไปเป็นรูปอื่นได้ พลังงานรวมของพลังงานทุกรูปที่ถูกเปลี่ยนไปจะคงที่เสมอ หรือพลังงานในระบบก่อนการเปลี่ยนแปลงจะเท่ากับพลังงานในระบบภายหลังการเปลี่ยนแปลงแล้ว

ในต้นคริสต์ศตวรรษที่ 20 (1905) อัลเบิร์ต ไอน์สไตน์ (Albert Einstein) กล่าวถึงมวลและพลังงานไว้ว่า มวลและพลังงาน (สสารและพลังงาน) แปรเปลี่ยนสภาพเข้าหากันได้ในภาวะที่เหมาะสม การแปรเปลี่ยนสภาพไปนั้นเป็นไปตามสมการ  $E = mc^2$  เมื่อ  $E$  เป็นพลังงาน  $m$  เป็นมวล และ  $c$  เป็นความเร็วของแสง และเนื่องจากการแปรเปลี่ยนสภาพของมวล (สสาร) และพลังงานนั้น ไม่สามารถเกิดขึ้นที่ภาวะของปฏิกิริยาเคมีธรรมดา ดังนั้นกฎทรงมวล และกฎทรงพลังงาน จึงยังสามารถใช้ได้อยู่ อย่างไรก็ดี กฎทั้งสองนี้อาจจะรวมเข้าเป็นกฎเดียวกันได้ โดยเรียกชื่อกฎนี้ว่า **กฎทรงมวลและพลังงาน** (Law of Conservation of Mass and Energy) กฎนี้มีใจความว่า มวลและพลังงานเป็นสิ่งที่ไม่สูญหายไปและมีอยู่เท่าเดิม แต่สามารถแปรเปลี่ยนจากสภาพหนึ่งไปอีกสภาพหนึ่งได้

## 1.9 การวัด (Measurements)

### 1.9.1 หน่วยของการวัด (Units of Measurement)

#### หน่วยเอสไอ (SI Units)

ในการประชุมใหญ่ครั้งที่ 11 ของที่ประชุมใหญ่แห่งมาตรา ชั่ง ตวง วัด ที่กรุงปารีส เมื่อ ค.ศ. 1960 ได้ตกลงให้มีระบบหน่วยระหว่างชาติขึ้น เรียกว่า **หน่วยเอสไอ** ย่อมาจาก Le Systeme International d' Units (International System of Units) สำหรับใช้ในวงการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ดังนี้

ตารางที่ 1.2 หน่วยเอสไอพื้นฐาน (Basic of units) เป็นหน่วยวัดปริมาณที่เป็นอิสระต่อกัน มี 7 หน่วย ดังนี้

	ปริมาณ	หน่วย	สัญลักษณ์
1.	ความยาว	เมตร	m
2.	มวล	กิโลกรัม	kg
3.	เวลา	วินาที	s
4.	กระแสไฟฟ้า	แอมแปร์	A
5.	อุณหภูมิ	เคลวิน	K
6.	ปริมาณของสาร	โมล	mol
7.	ความเข้มแห่งการส่องสว่าง	แคนเดลา	cd

- หมายเหตุ
- มีข้อตกลงระหว่างชาติข้อหนึ่งว่า จะไม่มีการแปลงตัวย่อของหน่วยเอสไอเป็นอักษรของชาติใดชาติหนึ่ง ให้ใช้ภาษาอังกฤษดั้งเดิม ดังนั้นสำหรับเมตรเราควรใช้ m เสมอ ไม่ใช่ ม.
  - ในทางปฏิบัติหน่วยของมวลยังนิยมใช้กรัมและอุณหภูมิใช้องศาเซลเซียส

ตารางที่ 1.3 ค่าอุปสรรคที่ใช้ในหน่วยเอสไอ

ค่าอุปสรรค	ตัวย่อ	ความหมาย	ตัวอย่าง
Tera-	T	$10^{12}$	1 terameter(Tm) = $1 \times 10^{12}$ m
Giga-	G	$10^9$	1 gigameter(Gm) = $1 \times 10^9$ m
Mega-	M	$10^6$	1 megameter(Mm) = $1 \times 10^6$ m
Kilo-	k	$10^3$	1 kilometer = $1 \times 10^3$ m
Deci-	d	$10^{-1}$	1 decimeter(dm) = 0.1 m
Centi-	c	$10^{-2}$	1 centimeter(cm) = 0.01 m
Milli-	m	$10^{-3}$	1 millimeter(mm) = 0.001 m
Micro-	$\mu$	$10^{-6}$	1 micrometer( $\mu$ m) = $1 \times 10^{-6}$ m
Nano-	n	$10^{-9}$	1 nanometer(nm) = $1 \times 10^{-9}$ m
Pico-	p	$10^{-12}$	1 picometer(pm) = $1 \times 10^{-12}$ m
Femto-	f	$10^{-15}$	1 femtometer(fm) = $1 \times 10^{-15}$ m

### 1.9.2 เลขนัยสำคัญ (Significant Figures)

เลขนัยสำคัญเป็นตัวเลขที่บ่งถึงความถูกต้องในการวัด ค่าที่ได้จากการวัดต่าง ๆ อาจมีความคลาดเคลื่อนได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับเทคนิคของผู้ทดลองใช้ ตลอดจนความเที่ยงตรงของเครื่องมือที่ใช้วัดการบันทึกผลที่ได้ด้วยจำนวนตัวเลข เช่น การอ่านปริมาตรของสารละลายจากบิวเรตได้ 10.25 มิลลิลิตร หรือการชั่งสารชนิดหนึ่งด้วยเครื่องชั่งอย่างละเอียดหนัก 4.346 กรัม ในแต่ละครั้งมีเลขนัยสำคัญ 4 ตัว ซึ่งตัวเลขตัวสุดท้ายเป็นตัวเลขที่อาจแปรเปลี่ยนไม่แน่นอน ฉะนั้น เลขนัยสำคัญจึงใช้ในการแสดงค่าของความถูกต้องของการวัดในขอบข่ายที่เป็นไปได้

#### การพิจารณาจำนวนเลขนัยสำคัญ

1. จำนวนเลขนัยสำคัญไม่เกี่ยวกับตำแหน่งของจุดทศนิยม เช่น 25.2 กับ 225 ต่างก็มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว
2. เลขศูนย์ ถ้าเป็นเพียงตัวตั้งตำแหน่ง เช่น 0.018 เป็นค่าที่มีเลขนัยสำคัญสองตัว คือ 1 และ 8 ส่วน เลขศูนย์ 2 ตัวทำหน้าที่เพียงบอกตำแหน่งของจุดทศนิยมเท่านั้น เพราะฉะนั้น 0.018 เราอาจเขียนเป็นเลขยกกำลังได้เป็น  $1.8 \times 10^{-2}$
3. เลขศูนย์จะถือเป็นเลขนัยสำคัญก็ต่อเมื่อใช้เป็นสัญลักษณ์ที่บอกจำนวน เช่น 20.4 และ 240 ต่างมีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว

#### เลขนัยสำคัญในการบวกและการลบ

ในการบวกและลบเลขนัยสำคัญ ผลลัพธ์ที่ได้จะมีค่าไม่มากไปกว่าความแน่นอนที่น้อยที่สุดของเลขนัยสำคัญต่าง ๆ นั้น เช่น

$$2.345 + 0.124 + 19.1 = 21.569$$

จะเห็นว่า 19.1 มีเลขนัยสำคัญหลังจุดทศนิยมเพียงตำแหน่งเดียว เพราะฉะนั้นผลบวกต้องปัดมาเป็น 21.6 ซึ่งเป็นค่าตัวเลขที่มีนัยสำคัญเท่ากับ 3 ในกรณีของการลบเลขนัยสำคัญก็เช่นเดียวกัน

ตัวอย่างอื่น ๆ เช่น

(1)	89.332	
	+ <u>1.1</u>	มีเลขนัยสำคัญหลังจุดทศนิยมเพียงตำแหน่งเดียว
	<u>90.432</u>	
ผลลัพธ์คือ	<u>90.4</u>	



$$\begin{array}{r}
 (2) \qquad 2.097 \\
 - \quad 0.12 \\
 \hline
 \quad 1.977 \\
 \text{ผลลัพธ์คือ } \underline{\underline{1.98}}
 \end{array}$$

มีเลขนัยสำคัญหลังจุดทศนิยม 2 ตำแหน่ง

### เลขนัยสำคัญในการคูณและการหาร

ในการคูณและการหารเลขนัยสำคัญ ผลลัพธ์ที่ออกมาในลักษณะเลขนัยสำคัญ เหมือนกับตัวที่มีเลขนัยสำคัญที่น้อยที่สุด เช่น

$$2.543 \times 2.2 = 5.6$$

$$6.765 \div 2.20 = 3.08$$

ตัวอย่างอื่นๆ เช่น

$$(1) \quad 2.8 \times 4.5039 = 12.61092$$

$$\text{ผลลัพธ์} = 13$$

$$(2) \quad 6.85 \div 112.04 = 0.0611388789$$

$$\text{ผลลัพธ์} = 0.0611$$

### ตัวอย่างที่ 1.1 จงหาผลลัพธ์เกี่ยวกับเลขต่อไปนี้

$$(1) \quad 11,254.1 + 0.1983$$

$$(2) \quad 66.59 - 3.113$$

$$(3) \quad 8.16 \times 5.1355$$

$$(4) \quad 0.0154 \div 883$$

$$(5) \quad 2.64 \times 10^3 + 3.27 \times 10^2$$

วิธีทำ

$$\begin{array}{r}
 (1) \qquad 11,254.1 \\
 + \quad 0.1983 \\
 \hline
 \quad 11,254.2983 \\
 \text{ผลลัพธ์คือ } \underline{\underline{11,254.3}}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 (2) \qquad 66.59 \\
 \quad 3.113 \\
 \hline
 \quad 63.477 \\
 \text{ผลลัพธ์คือ } \underline{\underline{63.48}}
 \end{array}$$

$$(3) \quad 8.16 \times 5.1355 = 41.90568$$

$$\text{ผลลัพธ์} = 41.9$$

$$(4) \quad 0.0154 \div 883 = 0.0000174405436$$

$$\text{ผลลัพธ์} = 0.0000174$$

$$\text{หรือ} = 174 \times 10^{-5}$$

$$(5) \quad \text{ขั้นแรกเราต้องเปลี่ยน } 3.27 \times 10^2 \text{ ไปเป็น } 0.327 \times 10^3$$

$$\text{แล้วจึงทำการบวกกัน } (2.64 + 0.327) \times 10^3$$

$$\text{ผลลัพธ์ คือ } 2.97 \times 10^3$$

### การหาความถูกต้องและความแม่นยำในการวัด (Accuracy and Precision)

ในการวัดค่าใด ๆ ก็ตาม ในการทดลอง เราจะต้องทำซ้ำกันหลายครั้ง เพื่อป้องกันความผิดพลาด ถ้าค่าเฉลี่ยของการวัดที่ได้ตรงกับค่าเป็นจริง (ค่าที่ยอมรับ) ถือว่ามีความถูกต้องในการวัด ถ้าค่าที่ได้จากการทดลองซ้ำหลาย ๆ ครั้งมีค่าใกล้เคียงกันมาก เรียกว่ามีความแม่นยำในการวัดสูง ฟังระวัง ในการทดลอง หากพบว่าการวัดมีความแม่นยำสูง ก็ได้หมายความว่าผลการทดลองถูกต้องเสมอไป ความแม่นยำและความถูกต้องอาจไม่สัมพันธ์กันเลยก็ได้

สมมุติว่านักศึกษา 3 คนได้หามวลของลาวทองแดง ซึ่งมีมวล 2.000 กรัม ผลการชั่งของนักศึกษาแต่ละคน 2 ครั้ง ปรากฏดังนี้

	1.964 g	1.972 g	2.000 g
	1.978 g	1.968 g	2.002 g
ค่าเฉลี่ย	1.971 g	1.970 g	2.001 g

ผลการชั่งของนักศึกษา ข. แม่นยำกว่าของนักศึกษา n. (1.972 กรัม และ 1.968 กรัม เบี่ยงเบนจาก 1.970 กรัม น้อยกว่า 1.964 กรัม และ 1.978 กรัม เบี่ยงเบนจาก 1.971 กรัม) ส่วนผลการชั่งของนักศึกษา ค. ทั้งแม่นยำและถูกต้องมากที่สุด

## แบบฝึกหัด

### 1. จงหาจำนวนของเลขนัยสำคัญต่อไปนี้

- (1) 478 cm (ตอบ 3)  
(2) 6.01 g (ตอบ 3)  
(3) 0.825 m (ตอบ 3)  
(4) 0.043 kg (ตอบ 2)  
(5)  $1.310 \times 10^{22}$  (ตอบ 4)  
(6) 7000 mL

กรณีนี้ จำนวนของเลขนัยสำคัญอาจจะเป็น

$$4(7.000 \times 10^3)$$

$$3(7.00 \times 10^3)$$

$$2(7.0 \times 10^3)$$

$$\text{หรือ } 1(7 \times 10^3)$$

### 2. จงหาผลลัพธ์เกี่ยวกับเลขต่อไปนี้

- (1)  $26.5862 + 0.17$  (ตอบ 26.76)  
(2)  $9.1 - 4.682$  (ตอบ 4.4)  
(3)  $7.1 \times 10^4 \times 2.2654$  (ตอบ  $1.6 \times 10^7$ )  
(4)  $6.54 \sim 86.5542$  (ตอบ 0.0756)  
(5)  $(7.55 \times 10^4) - (8.62 \times 10^3)$  (ตอบ  $6.69 \times 10^4$ )