
3

สาร

- 3.1 การจำแนกสาร
- 3.2 สมบัติของสารบริสุทธิ์
- 3.3 การเปลี่ยนแปลงของสารบริสุทธิ์
- 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างมวลและพลังงาน
- 3.5 ความสัมพันธ์ของมวลเชิงอะตอมและหน่วยมวลอะตอม
- 3.6 อนุภาคโปรตอน อิเล็กตรอน และนิวตรอน
- 3.7 ไอโซโทป น้ำหนักอะตอมและน้ำหนักโมเลกุล

บทนำ

ที่มา : http://www.mhhe.com/physsci/chemistry/chang7/esp/folder_structure/cl/m2/s2/index.htm



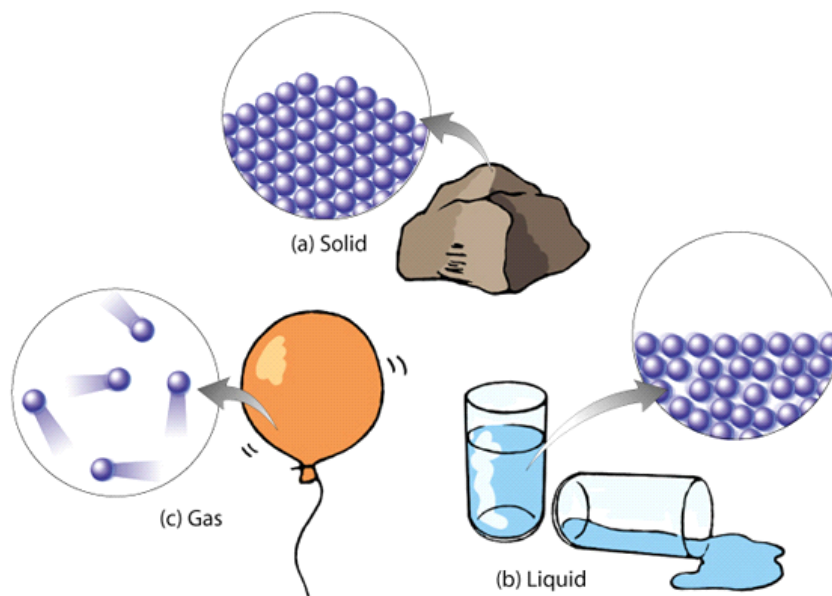
รูปที่ 3.1 สาร 3 สถานะ ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ

สสาร (Matter) คือสิ่งที่มีตัวตน มีมวล และต้องการที่อยู่ สามารถสัมผัสได้โดยประสาทสัมผัสทั้ง 5 แต่ยังไม่ทราบสมบัติที่แน่นอน เช่น ดิน น้ำ อากาศ ฯลฯ ภายในสสารหรือเนื้อของสสาร เรียกว่า สาร (Substance) สสารที่อยู่ในโลกอาจอยู่ในสถานะต่างๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิ ความดัน และสมบัติภายในของสาร

สาร คือ สสารที่ทราบสมบัติแน่นอน เช่น เงิน ทอง เหล็ก ฯลฯ ดังนั้นจึงเป็นสสารที่เฉพาะเจาะจง โดยมีสมบัติของสาร 2 ประเภท คือ สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมี

3.1 สสาร มวลและน้ำหนัก

สสาร ถ้าแบ่งตามสถานะได้ 3 สถานะ คือ ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ



From *Conceptual Chemistry* by John Suchocki. Copyright © 2001 by Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley

a) ของแข็ง

- ความหนาแน่นมาก
- ไม่อาจถูกบีบอัดและขยายได้
- ปริมาตรและรูปร่างคงที่

b) ของเหลว

- ความหนาแน่นสูง
- ถูกบีบอัดและขยายได้ยาก
- รูปร่างตามภาชนะที่บรรจุ

c) ก๊าซ

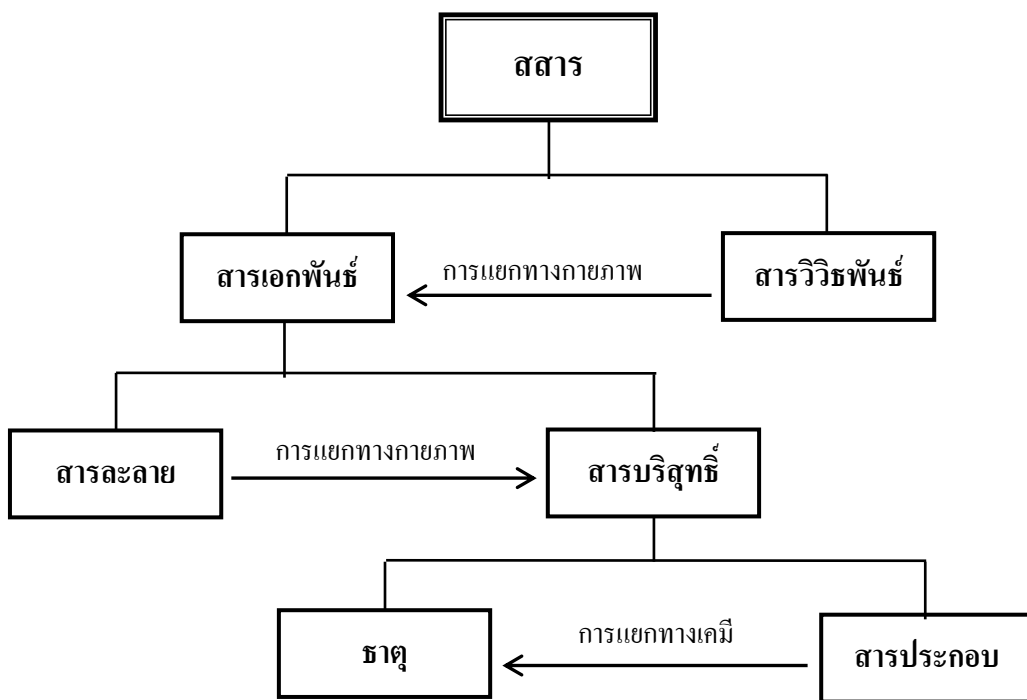
- ความหนาแน่นต่ำ
- ถูกบีบอัดและขยายได้ง่าย
- ปริมาตรและรูปร่างตามภาชนะที่บรรจุ

สถานะที่เป็นของแข็ง (Solid) มีรูปร่างและปริมาตรคงที่ อนุภาคภายในจะอยู่ชิดติดกันมาก เช่น ด่างทับทิม ($KMnO_4$) ทองแดง (Cu)

สถานะที่เป็นของเหลว (Liquid) มีรูปร่างตามภาชนะที่บรรจุและมีปริมาตรที่คงที่ อนุภาคภายในจะอยู่ชิดกันน้อยกว่าของแข็ง และมีสมบัติเป็นของไหล เช่น น้ำมัน แอลกอฮอล์ปรอท (Hg) ฯลฯ

สถานะที่เป็นก๊าซ (Gas) มีรูปร่างและปริมาตรที่ไม่คงที่ โดยจะเปลี่ยนแปลงไปตามภาชนะที่บรรจุ อนุภาคภายในจะอยู่ห่างกันมากที่สุด และมีสมบัติเป็นของไหล สามารถฟุ้งกระจายได้ เช่น ก๊าซหุงต้ม อากาศ

ถ้าแบ่งสารตามลักษณะเนื้อสาร สามารถจำแนกได้สองประเภทใหญ่ๆ คือ



แผนภาพที่ 3.1 แสดงการจำแนกสาร

1. สารวิวิธพันธ์ (Heterogeneous) เป็นสารที่มีเนื้อผสมหรือของผสม (mixture) ที่ประกอบด้วยสารที่มีวิวัฒนาการแตกต่างกันตั้งแต่สองวิวัฒนาการขึ้นไป โดยที่สามารถสังเกตเห็นความแตกต่างของสารแต่ละชนิดได้อย่างชัดเจน เช่น หินแกรนิต จะพบผลึกชนิด

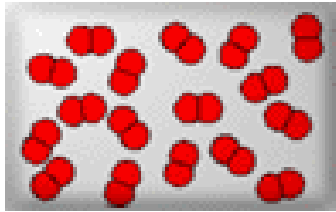
2. สารเอกพันธ์ (Homogenous) เป็นสารที่มีวัฏภาคเดียว มีสมบัติเหมือนกันตลอดในวัฏภาคนั้น เช่น น้ำตาล เกลือ น้ำทะเล คิวทอร์ กระจก อากาศ เป็นต้น สารเอกพันธ์ แบ่งได้ 2 ชนิด คือ

2.1 สารละลาย (Solution) เป็นสารเอกพันธ์ที่ประกอบด้วยสารมากกว่าหนึ่งชนิดขึ้นไป ได้แก่ **ตัวทำละลาย (Solvent)** และ **ตัวถูกละลาย (Solute)** สารละลายอาจพบอยู่ทั้งสามสถานะ ตัวทำละลายจะเป็นสารที่มีปริมาณมากกว่าตัวถูกละลาย เช่น น้ำเชื่อม เป็นของเหลวประกอบด้วย น้ำตาลที่ถูกละลายในน้ำ อากาศจัดเป็นสารละลายของก๊าซชนิดต่างๆ ผสมกันอยู่ ทองเหลืองเป็นโลหะผสมในรูปของสารละลายที่เป็นของแข็งของทองแดงกับสังกะสี **ชนิดของสารละลายตั้งตัวอย่างด้านล่าง**

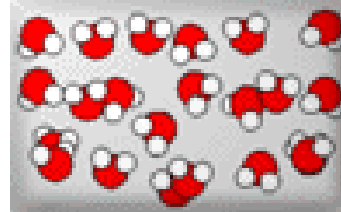
Component 1	Component 2	State of Resulting Solution	Examples
Gas	Gas	Gas	Air
Gas	Liquid	Liquid	Soda water (CO ₂ in water)
Gas	Solid	Solid	H ₂ gas in palladium
Liquid	Liquid	Liquid	Ethanol in water
Solid	Liquid	Liquid	NaCl in water
Solid	Solid	Solid	Brass (Cu/Zn), solder (Sn/Pb)

2.2 สารบริสุทธิ์ (Pure substances) เป็นสารเอกพันธ์ที่มีองค์ประกอบแน่นอน แบ่งออกได้สองประเภท คือ **ธาตุ (Elements)** และ **สารประกอบ (Compounds)**

ธาตุ (Elements) เป็นสารบริสุทธิ์ที่ประกอบด้วยอะตอมเพียงชนิดเดียว ไม่สามารถย่อยสลายให้เป็นสารอื่นได้โดยวิธีทางเคมี ปัจจุบันมีการค้นพบธาตุต่างๆ มากกว่า 100 ชนิด ในจำนวนนี้ 83 ธาตุ เป็นธาตุที่พบอยู่ในธรรมชาติ อะตอมของธาตุแต่ละชนิดเขียน

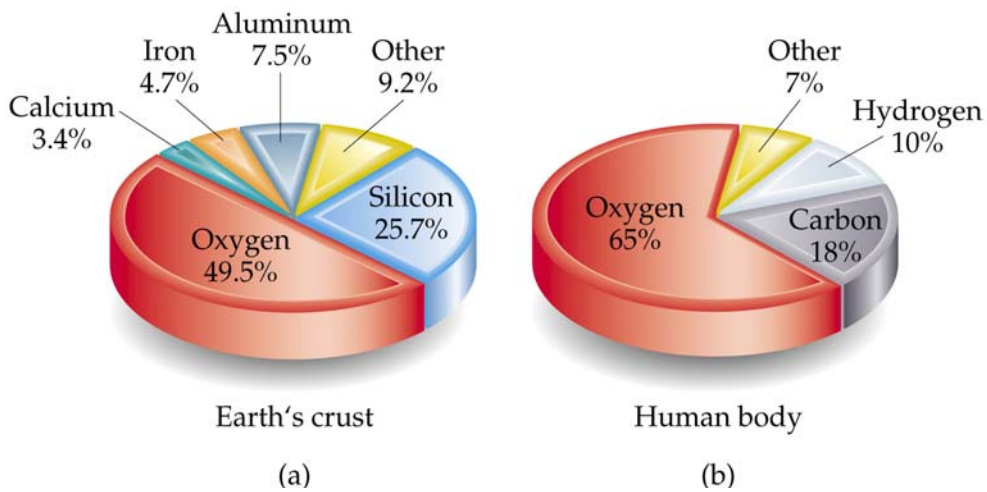


a) โครงสร้างของธาตุ



b) โครงสร้างของสารประกอบ

รูปที่ 3.2 โครงสร้างของสารบริสุทธิ์

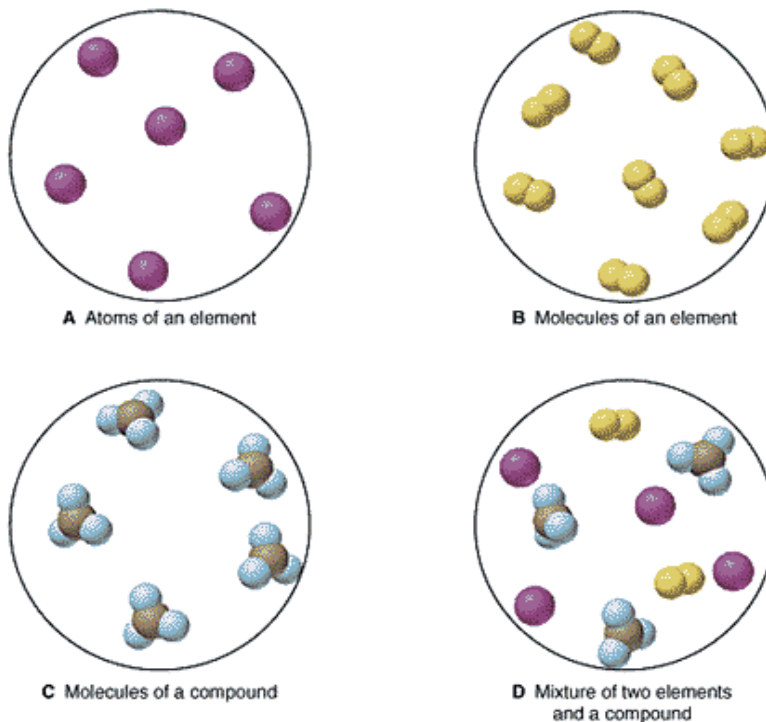


รูปที่ 3.3 a) ธาตุที่พบบนโลกตามลำดับ b) ธาตุที่พบมากในร่างกายตามลำดับ

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างธาตุของสารบริสุทธิ์ที่เกิดจากอะตอมชนิดเดียว

สารเคมี	สูตรโครงสร้าง
liquid nitrogen	N_2
Liquid oxygen	O_2
Sulfur	S_8
Fullerene	C_{60}
Graphite	C_n (hexagonal)
Diamond	C_n (tetrahedral)

ที่มา : http://www.chem.ufl.edu/~chm2040/Notes/Chapter_1/substances.html



รูปที่ 3.4 โครงสร้างของ A - อะตอมของธาตุ B - โมเลกุลของธาตุ
C - โมเลกุลของสารประกอบ D - สารผสมของธาตุ 2 ธาตุ และสารประกอบ

สารประกอบ (Compounds) เป็นสารบริสุทธิ์ที่ประกอบด้วยธาตุตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปโดยปฏิกิริยาเคมีและต้องเป็นไปตามกฎสัดส่วนคงที่ นั่นคือสารประกอบหนึ่งๆ จะมีอัตราส่วนของมวลของธาตุที่รวมกันคงที่เสมอ ตัวอย่างสารประกอบที่สำคัญในชั้นบรรยากาศคือ คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ สารประกอบคาร์บอนไดออกไซด์* ประกอบด้วย 27% ของคาร์บอนและ 73% ของออกซิเจนโดยน้ำหนัก ส่วนน้ำเป็นสารประกอบที่มีไฮโดรเจน 11% และออกซิเจน 89%

* สารประกอบคาร์บอนไดออกไซด์หนัก 100 กรัม ประกอบด้วย คาร์บอน 27 กรัมและออกซิเจน 73 กรัม

ในทางเคมีจะใช้สัญลักษณ์แทนองค์ประกอบที่มีอยู่ในสารประกอบด้วยสูตรเคมี[⊗] (Chemical formula) ดังตัวอย่างของคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีอัตราส่วนของคาร์บอนต่อออกซิเจนเป็น 1:2 เขียนสูตรเคมีได้เป็น CO₂ เช่นเดียวกันกับน้ำ ที่ประกอบด้วยไฮโดรเจน 2 อะตอมกับออกซิเจน 1 อะตอม เขียนแทนด้วย H₂O

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างสารประกอบที่เกิดจากอะตอมมากกว่าหนึ่งชนิด

สารเคมี	สูตรเคมี
Water	H ₂ O
Table Salt	NaCl
Sucrose	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁
Ethanol	C ₂ H ₅ OH
Chalk	CaCO ₃
Octane	C ₈ H ₁₈
Epson Salt	MgSO ₄

สูตรโมเลกุล (Molecular formula) เป็นสูตรเคมีที่เขียนขึ้นมาเพื่อแสดงว่าหนึ่งโมเลกุลของสารนั้นประกอบด้วยธาตุอะไรวางอย่างละกี่อะตอม เช่น ก๊าซไฮโดรเจนหนึ่งโมเลกุลประกอบด้วยสองอะตอมของไฮโดรเจน สูตรโมเลกุลคือ H₂ ก๊าซออกซิเจนหนึ่งโมเลกุลประกอบด้วยสองอะตอมของออกซิเจน สูตรโมเลกุลคือ O₂ มีเทนหนึ่งโมเลกุลประกอบด้วยคาร์บอนหนึ่งอะตอมและไฮโดรเจน 4 อะตอม สูตรโมเลกุลคือ CH₄ เป็นต้น

3.2 สมบัติของสารบริสุทธิ์

สมบัติของสสาร หมายถึงลักษณะเฉพาะตัวของสสารที่สามารถชี้ได้ว่าสสารนั้นคืออะไร สสารแต่ละชนิดมีสมบัติที่แตกต่างกัน สมบัติของสสารจึงแบ่งได้สองประเภทคือ สมบัติทางกายภาพ (Physical Properties) และสมบัติทางเคมี (Chemical Properties)

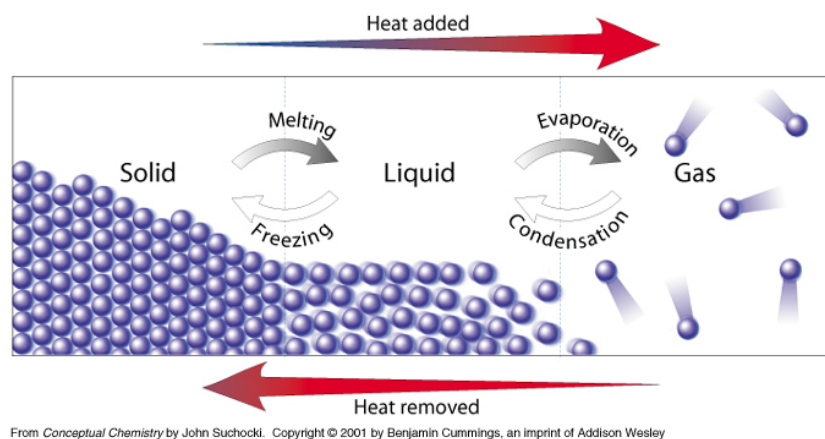
[⊗] สูตรเคมีของสารประกอบหรือธาตุ เป็นการระบุให้ทราบว่าสารหนึ่งโมเลกุลมีธาตุอะไรวางอย่างละกี่อะตอม

1. **สมบัติทางกายภาพ** หมายถึงสมบัติของสารที่เราสังเกตได้ โดยไม่ต้องใช้ปฏิกิริยาเคมี ได้แก่ สี กลิ่น รส สถานะ ความหนาแน่น ความแข็ง ความเหนียว รูปผลึก การนำความร้อนและไฟฟ้า จุดเดือด จุดหลอมเหลว การละลายในน้ำและในตัวทำละลายอื่นๆ

2. **สมบัติทางเคมี** หมายถึงสมบัติของสารที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีโดยตรง ได้แก่ ความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาเคมีกับน้ำ กรด เบส อากาศ ดังเช่น ไฮโดรเจนสามารถติดไฟในอากาศได้ โซเดียมทำปฏิกิริยากับน้ำอย่างรุนแรงและรวดเร็ว การเกิดสนิมของเหล็ก การเกิดไฮโดรไลซิส

3.3 การเปลี่ยนแปลงสารบริสุทธิ์

การเปลี่ยนแปลงของสาร สามารถแบ่งการเปลี่ยนแปลงออกได้เป็นสองประเภท คือ การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ (Physical Change) และการเปลี่ยนแปลงทางเคมี (Chemical Change)



รูปที่ 3.5 การเปลี่ยนสถานะ จัดเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

1. **การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ** เป็นการเปลี่ยนแปลงที่สามารถสังเกตได้โดยที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบภายในของสาร แต่เกิดการจัดเรียงตัวของอนุภาคใหม่เท่านั้น เช่น ดังรูปที่ 3.5 การเปลี่ยนสถานะของน้ำแข็งเมื่อได้รับความร้อนจะหลอมเหลวกลายเป็นน้ำในรูปของเหลว และเมื่อได้รับความร้อนต่อไปอีกสามารถเปลี่ยนเป็นไอน้ำได้ โดยที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบภายในของน้ำแต่อย่างใด การละลายของน้ำตาลในน้ำก็

Ask yourself if change is a matter of style or substance.



รูปที่ 3.6 ตัวอย่างของการเปลี่ยนทางกายภาพและทางเคมี

2. การเปลี่ยนแปลงทางเคมี เป็นการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบภายในของสสาร เกิดเป็นสารใหม่ขึ้นมา ทั้งนี้เพราะมีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นนั่นเอง การเปลี่ยนแปลงทางเคมี ได้แก่ การเผาไหม้ การย่อยอาหาร การเกิดสนิม การรวมตัวของโมเลกุลของสารต่างๆ เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงทางเคมี ทำให้ได้สารใหม่เกิดขึ้นเสมอ ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการเคมีขึ้นแทนปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นได้ ตัวอย่างของการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เช่น การเกิดนมเปรี้ยว การบั้งขนมปัง การเกิดสนิมของตะปู การจุดประกายของน้ำมันในเครื่องยนต์ การเกิดฟองของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในบาดแผล การจุดไม้ขีดไฟ การกินยาลดกรด

3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างมวลและพลังงาน

พลังงาน คือความสามารถที่ทำให้เกิดงาน สสารกับพลังงานจะมีความสัมพันธ์และเกี่ยวข้องซึ่งกันและกัน มวลของสารที่อยู่ในสสารเป็นแหล่งที่สะสมพลังงาน จะพิจารณาจากกรณีต่างๆ ได้ ดังนี้

พลังงานศักย์ (Potential Energy) เป็นพลังงานที่มีอยู่ในสาร ขึ้นอยู่กับตำแหน่ง ดังนั้นจะสัมพันธ์กับสาร ดังนี้

1. พลังงานศักย์ที่เกิดจากพันธะเคมีของสารชนิดหนึ่งชนิดใด จะมีปริมาณมากขึ้นเมื่อมีมวลของสารเพิ่มมากขึ้น

2. พลังงานศักย์ที่อยู่ในวัตถุซึ่งหยุดนิ่ง ที่ระดับความสูงต่างๆ ถ้าอยู่ในระดับความสูงเท่ากัน วัตถุยังมีมวลมากจะมีพลังงานศักย์สะสมอยู่ในตัวมาก

$$\text{พลังงานศักย์ (PE)} = mgh \text{ (จูล)}$$

เมื่อ m = มวลของวัตถุ (กิโลกรัม)

g = แรงโน้มถ่วงของโลกมีค่า 9.8 กรัมต่อวินาที²

h = ความสูงของวัตถุจากพื้นผิว (เมตร)

พลังงานจลน์ (Kinetic energy) เป็นพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่และขึ้นอยู่กับมวลของวัตถุ วัตถุใดๆ มีมวล m กิโลกรัม และเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v เมตรต่อวินาที จะมีพลังงานจลน์เกิดขึ้น ดังนี้

$$\text{พลังงานจลน์ (KE)} = \frac{1}{2} mv^2 \text{ (จูล)}$$

วัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่เท่ากัน วัตถุที่มีมวลมากกว่าจะมีพลังงานจลน์สะสมอยู่ในตัวมากกว่าวัตถุที่มีมวลน้อย

ยังมีพลังงานอีกหลายรูปที่เกี่ยวข้องกับอนุภาคของสาร ดังเช่นพลังงานที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่และพลังงานที่มีอยู่ในวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ ได้แก่

1. พลังงานลม เป็นพลังงานที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอนุภาคของอากาศ เกิดเป็นสภาพของลมพัด พลังงานลมที่แรงมากพอ จะสามารถทำให้กังหันลมหมุนได้

2. พลังงานน้ำ เป็นพลังงานที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอนุภาคน้ำ เช่น การไหลของกระแสน้ำ การไหลของน้ำตกจากหน้าผาและการเกิดคลื่นในน้ำ พลังงานน้ำสามารถทำให้กังหันน้ำหมุนได้

3. พลังงานเสียง เป็นพลังงานที่ทำให้อนุภาคของอากาศเคลื่อนที่ในลักษณะที่เกิดเป็นส่วนอัดส่วนขยาย จะการเคลื่อนที่แรงมากหรือน้อย ความถี่ของส่วนอัดและส่วนขยายที่เกิดขึ้นมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับความดังและลักษณะเสียงสูงและต่ำที่ออกมาจากแหล่งกำเนิด

4. พลังงานแสง พลังงานแสงอาทิตย์ ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสง ชั้นแรก

5. พลังงานความร้อน เป็นพลังงานที่ทำให้อนุภาคของสสารเกิดการสั่นสะเทือน (ในกรณีที่เป็นของแข็ง) หรือมีการเคลื่อนที่เร็วมากขึ้น (ในกรณีที่เป็นของเหลวหรือก๊าซ) อันจะทำให้เกิดผลที่ตามมา เช่น การเปลี่ยนสถานะ การส่งผ่านพลังงานความร้อนทำให้เกิดการถ่ายเทพลังงานความร้อน ด้วยวิธีการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน เป็นต้น

6. พลังงานจากแรงดึงดูดของโลก จะทำให้สสารต่างๆ หล่นลงมาสู่ผิวโลก

พลังงานทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของสสาร เช่น

1. ทำให้สิ่งมีชีวิตเจริญเติบโตและเคลื่อนไหวได้
2. ทำให้เกิดการยึดและหดตัวของสสาร
3. ทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปร่างของโลหะผสม
4. ทำให้เกิดการบอบสลายหรือเปลี่ยนแปลงรูปร่างของสสาร สามารถเห็นได้จาก พลังงานความร้อน เมื่อสสารเคลื่อนที่เข้ามากระทบกัน

พลังงานทำให้เกิดการเรียงตัวของอนุภาคของสสาร เช่น

1. พลังงานไฟฟ้า มีผลต่อการจัดเรียงตัวของอนุภาคของแท่งเหล็กและทำให้แท่งเหล็กกลายเป็นแม่เหล็กไฟฟ้า และทำให้เกิดการไหลของกระแสอิเล็กตรอน
2. สนามแม่เหล็ก จะมีผลต่อการวางตัวของเข็มทิศ แม่เหล็ก และผงตะไบเหล็ก
3. พลังงานความร้อน จะมีผลต่อการจัดเรียงตัวของอนุภาค ซึ่งเห็นได้จากการเผาอิฐ เครื่องปั้นดินเผา เครื่องเคลือบ และการฟั่นสียรถยนต์

4. พันธะเคมี ทำหน้าที่ยึดอะตอมต่างๆ ภายในโมเลกุล และแรงยึดระหว่างโมเลกุล ซึ่งเป็นพลังงานศักย์ที่แฝงอยู่ในโมเลกุลของสารเคมี จะมีผลต่อการจัดเรียงตัวของอะตอมและโมเลกุลของสารเคมี

5. ระดับพลังงานที่มีอยู่ในอิเล็กตรอน จะมีผลต่อการจัดระดับชั้นของวงโคจรของอิเล็กตรอนที่วิ่งวนอยู่รอบๆ นิวเคลียส

7. แรงยึดระหว่างอนุภาคต่างๆ ของนิวเคลียส ทำให้อนุภาคต่างๆ ได้แก่ โปรตอนและนิวตรอน สามารถยึดเกาะกันเป็นนิวเคลียสตรงแกนกลางของอะตอมโดยมีอิเล็กตรอนวิ่งวนอยู่โดยรอบ

พลังงานทำให้เกิดการทำปฏิกิริยาของสาร

พลังงานมีส่วนสำคัญในการช่วยในการทำให้เกิดปฏิกิริยาของสาร เช่น

1. การทำปฏิกิริยาเคมี ในบางครั้งจะต้องมีการเพิ่มพลังงานความร้อนเข้าไป เช่น โดนการเผา การอุ่นให้ร้อน หรือการจุดระเบิด (เกิดประกายไฟ) ของเขี้ยวหัวเทียน ซึ่งพลังงานความร้อนจะเข้าไปทำลายพันธะเคมีของสารเคมีต่างๆ ที่เข้าทำปฏิกิริยา หลังจากนั้นจะเกิดการรวมตัวกันเกิดเป็นสารใหม่

2. การเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ จะต้องมีการทำลายแรงยึดระหว่างอนุภาคต่างๆ ของนิวเคลียร์ เช่น พลังงานที่มีอยู่ในนิวตรอนช้า ที่ยิงเข้าสู่ก้อนกัมมันตรังสีอาทิเช่น ยูเรเนียม-235 จะทำให้เกิดการแตกตัว พร้อมทั้งให้พลังงานและอนุภาคนิวตรอนออกมา

3. พลังงานจากรังสี ทำให้เกิดสภาพการแตกตัวเป็นไอออนของสารและภาวะการถูกกระตุ้นของสาร เช่น พลังงานจากอนุภาคแอลฟา อนุภาคเบตา รังสีแกมมา และรังสีต่างๆ

4. การเกิดการเผาไหม้หรือทำลายมวลสาร เช่น การใช้แสงเรเซอร์ในการผ่าตัด การใช้คลื่นเสียงอัลตราโซนิคชาวต์สลายต่อกระจกที่ตา และการฉายรังสีในการรักษาโรคมะเร็ง

การเปลี่ยนแปลงสภาพระหว่างมวลสารกับพลังงาน

พบว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพระหว่างมวลสารกับพลังงานเกิดขึ้นได้ เมื่อปี พ.ศ. 2448 อัลเบิร์ต ไอน์สไตน์ ได้เสนอทฤษฎีสัมพัทธภาพ กล่าวถึงความสัมพันธ์ในการเปลี่ยนแปลงระหว่างมวลสารกับพลังงานว่าจะมีความสัมพันธ์กันตามสมการ

$$E = mc^2$$

เมื่อ $E =$ พลังงานที่เกิดขึ้นมาหรือคายไป (จูล)
 $m =$ มวลของวัตถุ (กรัม)
 $c =$ ความเร็วของแสง (3×10^8 วินาที)

กฎทรงพลังงาน (Conservation of energy) กล่าวว่า “พลังงานไม่อาจถูกสร้างหรือทำลายได้” พลังงานถูกถ่ายเทหรือเปลี่ยนรูปได้ พบว่าพลังงานของระบบจะมีค่าคงที่เสมอ การเปลี่ยนแปลงสภาพระหว่างมวลสารกับพลังงาน ได้จาก กรณีต่างๆ เช่น

1. การเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์
2. การเกิดกัมมันตภาพรังสีของธาตุหรือสารกัมมันตรังสี ให้อนุภาคแอลฟา อนุภาคเบตา หรือรังสีแกมมา
3. การรวมตัวของมวลสารของสารหรืออนุภาคที่มีความเหมาะสมแล้วได้เป็นพลังงานโดยมวลสารทั้งสิ้นจะหายไปหมด
4. เมื่อผ่านคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเข้าไปในสนามไฟฟ้าหรือเข้าไปใกล้นิวเคลียสของอะตอมของธาตุหนักในสภาพที่เหมาะสมจะเกิดอนุภาคขึ้น

3.5 ความสัมพันธ์ของมวลเชิงอะตอมและหน่วยมวลอะตอม

อะตอมของธาตุแต่ละธาตุจะมีขนาดเล็กมาก การวัดมวลไม่สามารถทำได้โดยง่าย นักเคมีชื่อ จอห์น ดาลตัน(John Dalton) เป็นบุคคลแรกที่นำเสนอการใช้หน่วยสัมพัทธ์ โดยเปรียบเทียบกับ 1 อะตอมของไฮโดรเจน มวลเชิงอะตอมเฉลี่ย (average atomic mass) เป็นตัวเลขแสดงมวลของอะตอมของธาตุ โดยเปรียบเทียบกับมวลของอะตอมของธาตุมาตรฐาน ทั้งนี้เนื่องจากมวลของอะตอมแต่ละธาตุมีค่าน้อยทำให้ไม่สามารถชั่งน้ำหนัก

$$\text{มวลเชิงอะตอมของธาตุ} = \frac{\text{มวลของธาตุ 1 อะตอม}}{\text{มวลของไฮโดรเจน 1 อะตอม}}$$

ต่อมา ฟรานซิส แอสตัน (Francis Aston) ผู้คิดค้นเครื่อง mass spectrometer ได้เปลี่ยนมาใช้ 1/16 ของมวลของอะตอมของ ออกซิเจน-16

ในช่วงก่อนปี ค.ศ.1961 นั้น 1 หน่วยมวลอะตอมในทางกายภาพนั้นจะใช้หมายถึง 1/16 ของมวลอะตอมของออกซิเจน-16 1 อะตอม ในขณะที่ 1 หน่วยมวลอะตอมในทางเคมีนั้นจะหมายถึง 1/16 ของค่าเฉลี่ยมวลของอะตอมออกซิเจน (คิดเฉลี่ยจากปริมาณของทุกไอโซโทปในธรรมชาติ) ซึ่งค่าทั้งสองดังกล่าวข้างต้นจะมีค่าต่ำกว่าค่า 1 หน่วยมวลอะตอมมาตรฐานในปัจจุบันเล็กน้อย ค่าในปัจจุบันนี้เป็นค่าที่ยอมรับเป็นค่ามาตรฐานโดย International Union of Pure and Applied Physics ในปี ค.ศ. 1960 และโดย the International Union of Pure and Applied Chemistry ในปี ค.ศ.1961

หน่วยมวลอะตอม (unified atomic mass unit, amu) หรือ ดาลตัน (dalton ,Da) เป็นหน่วยที่ใช้ในการวัดมวลของอะตอมและโมเลกุล นักวิทยาศาสตร์ได้มีข้อตกลงใช้คาร์บอน-12[☆] เป็นอะตอมของธาตุมาตรฐานในการเปรียบเทียบมวลเชิงอะตอม เพราะคาร์บอนสามารถทำปฏิกิริยากับธาตุอื่นๆ เกิดเป็นสารประกอบได้จำนวนมาก โดยค่า

[†] 1 amu = 1 D (Dalton) คำนวณจากเลขอะโวกาโด (6.022×10^{23})

[☆] C-12 เป็นคาร์บอนไอโซโทปที่มีปริมาณมากที่สุดในธรรมชาติ

หนึ่งอะตอมของคาร์บอน-12 มีมวล = 12 หน่วยมวลอะตอม (amu)

$$1 \text{ amu} = \frac{\text{มวลเชิงอะตอมของคาร์บอน-12}}{12}$$

$$= 1.66 \times 10^{-24} \text{ กรัม}$$

ดังนั้นค่าของมวลเชิงอะตอมของธาตุใดๆ จึงเขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{มวลเชิงอะตอมของธาตุ} = \frac{\text{มวลของธาตุ 1 อะตอม}}{1/12 \text{ มวลเชิงอะตอมของคาร์บอน-12 (กรัม)}}$$

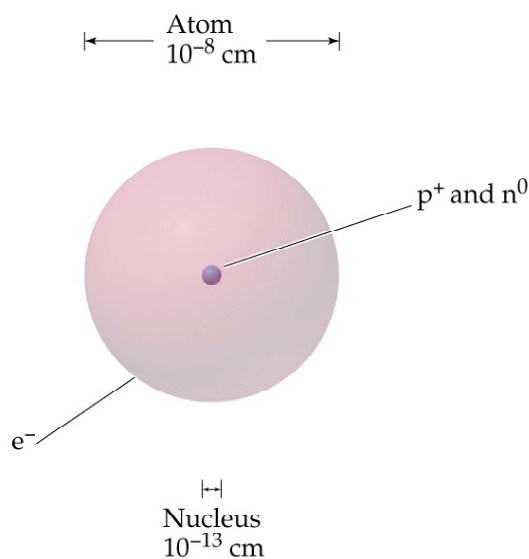
สัญลักษณ์ของหน่วยนี้คือ amu ย่อมาจาก atomic mass unit ซึ่งยังมีใช้ในงานตีพิมพ์เก่าๆ โดยทั่วไปหน่วยมวลอะตอมนี้เขียนโดยไม่มีหน่วยกำกับ ในบทความวิชาการทาง biochemistry และ molecular biology นั้นจะใช้หน่วย ดาลตัน ย่อ "Da" เนื่องจากโปรตีน นั้นเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ โดยทั่วไปจึงมีการใช้หน่วย กิโลดาลตัน หรือ "kDa" เท่ากับ 1000 ดาลตัน

ดังนั้น หนึ่งอะตอมไฮโดรเจนมีมวลเป็น 1 amu และหนึ่งอะตอมออกซิเจนมีมวล 16 amu

3.6 อนุภาคโปรตอน อิเล็กตรอน และนิวตรอน

อนุภาคในอะตอม ประกอบด้วยโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน

ชนิดอนุภาค	ประจุไฟฟ้า	ตำแหน่ง	สัญลักษณ์	มวล (amu)
โปรตอน	+1	นิวเคลียส	p ⁺	1.00783
นิวตรอน	0	นิวเคลียส	n ⁰	1.00867
อิเล็กตรอน	-1	ภายนอกนิวเคลียส	e ⁻	1/1837



รูปที่ 3.7 ขนาดของอะตอมและอนุภาคภายในอะตอม

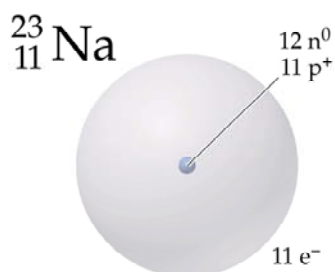
สัญลักษณ์นิวเคลียร์ คือสัญลักษณ์ที่แสดงจำนวนอนุภาคทั้งหมดในอะตอมของแต่ละธาตุ



Z : เลขอะตอม (atomic number) คือจำนวนโปรตอนซึ่งเท่ากับจำนวนอิเล็กตรอน

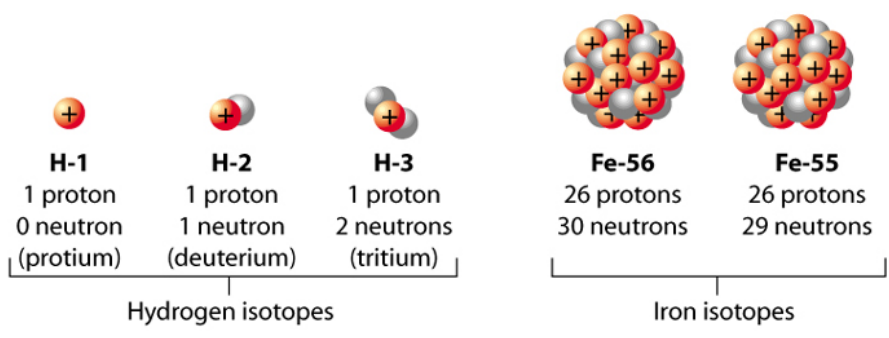
A : เลขมวล (mass number, amu) คือผลรวมของจำนวนโปรตอนกับจำนวนนิวตรอน

ตัวอย่างเช่น โซเดียม มีเลขอะตอมเท่ากับ 11 เลขมวลเท่ากับ 23 แสดงว่ามีโปรตอน 11 ตัว มีอิเล็กตรอน 11 ตัว และนิวตรอนเท่ากับ $(23-11) = 12$ ตัว



3.7 ไอโซโทป น้ำหนักอะตอมและน้ำหนักโมเลกุล

ไอโซโทป (isotope) ธาตุชนิดเดียวกัน มีจำนวนโปรตอนหรือเลขอะตอมเท่ากัน แต่มีจำนวนนิวตรอนหรือเลขมวลต่างกัน เช่น ^1_1H , ^2_1H , ^3_1H และ $^{56}_{26}\text{Fe}$, $^{55}_{26}\text{Fe}$



From Conceptual Chemistry by John Suchocki. Copyright © 2001 by Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley

แต่ละธาตุในธรรมชาตินั้นมีหลายไอโซโทป และแต่ละไอโซโทปก็มีปริมาณที่แตกต่างกัน และเพื่อให้สอดคล้องกับค่ามวลเชิงอะตอมของธาตุที่ปรากฏในธรรมชาติ ค่ามวลเชิงอะตอมของธาตุใดๆ ในตารางธาตุจึงเป็นค่ามวลเชิงอะตอมเฉลี่ยที่ขึ้นอยู่กับค่ามวลเชิงอะตอมและปริมาณของแต่ละไอโซโทปที่พบในธรรมชาติ ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์สามารถหามวลเชิงอะตอมและปริมาณของไอโซโทปของธาตุโดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า **แมสสเปกโตรมิเตอร์ (massspectrometer)** เพื่อให้ได้ค่าที่แน่นอนและมีความถูกต้องสูง

$$\text{มวลเชิงอะตอมของธาตุ} = \frac{\sum (\text{มวลของธาตุ} \times \text{ปริมาณ\% ของไอโซโทป})}{100}$$

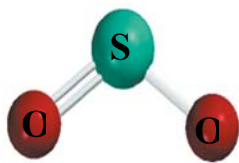
ตัวอย่างเช่น การคำนวณหามวลเชิงอะตอมของคาร์บอน จากข้อมูลต่อไปนี้

ไอโซโทป	มวลอะตอม	%ที่มีอยู่ในธรรมชาติ
^{12}C	12.00000	98.89%
^{13}C	13.00335	1.11%

$$\begin{aligned} \text{มวลอะตอมของธาตุคาร์บอน} &= \frac{(12.0000 \times 98.93) + (13.00335 \times 1.11)}{100} \\ &= 12.01 \text{ amu} \end{aligned}$$

ค.ศ. 1860 Canizzaro เสนอว่า หนึ่งโมเลกุลของสารประกอบ ย่อมมีจำนวนอะตอมของธาตุองค์ประกอบเป็นเลขจำนวนเต็ม ดังนั้นน้ำหนักของธาตุใดๆ ในหนึ่งโมเลกุลของสารประกอบ ต้องหารด้วยน้ำหนักอะตอมของธาตุนั้นได้ลงตัว ตัวหารร่วมที่มีค่ามากที่สุดของน้ำหนักของธาตุใน 1 molar weight ของสารประกอบต่างๆ ในสถานะแก๊สของธาตุนั้น จะเป็นน้ำหนักอะตอมของธาตุ

น้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight, MW) ของสารใดๆ คือผลรวมของมวลอะตอมแต่ละอะตอม ที่อยู่ในโมเลกุลของสารนั้น เช่น SO_2 สามารถหาน้ำหนักโมเลกุลได้ ดังนี้



1 S	=	32.07	amu
2 O	=	2x16.00	amu
SO_2	=	64.07	amu

สำหรับโมเลกุลใด ๆ มวลโมเลกุล (amu) = มวลของ 1 โมล (grams)

$$1 \text{ โมเลกุล } \text{SO}_2 = 64.07 \text{ amu}$$

$$1 \text{ โมล } \text{SO}_2 = 64.07 \text{ g } \text{SO}_2$$

ตัวอย่าง จงคำนวณน้ำหนักโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสซึ่งมีสูตรโมเลกุล $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$

วิธีทำ น้ำหนักโมเลกุล คือ ผลบวกของน้ำหนักอะตอมของแต่ละธาตุในโมเลกุลนั้น

$$6 \times \text{น้ำหนักอะตอมของ C} = 6 \times 12.01 \text{ D} = 72.06 \text{ D}$$

$$12 \times \text{น้ำหนักอะตอมของ H} = 12 \times 1.00 \text{ D} = 12.00 \text{ D}$$

$$6 \times \text{น้ำหนักอะตอมของ O} = 6 \times 16.00 \text{ D} = 96.00 \text{ D}$$

$$\text{รวม} = 180.06 \text{ D}$$

$$\text{ดังนั้น น้ำหนักโมเลกุลของกลูโคส} = 180.06 \text{ D}$$