

## บทที่ 2

### สสาร ความรู้เรื่องอะตอม

#### 2.1 สสาร (Matter)

สสารคือสิ่งที่มีตัวตน มีน้ำหนัก ต้องการที่อยู่และอาจสัมผัสได้ สสารอาจดำรงอยู่ได้ในสถานะต่าง ๆ กัน สุดแล้วแต่ว่าจะอยู่ภายใต้อำนาจความร้อน และความดันมากน้อยเพียงใด ตัวอย่างทั่ว ๆ ไปของสสาร เช่น อากาศ น้ำ แก้ว ทองแดง กรดกำมะถัน ไฮโดรเจน เม็ดโลหิตแดง เหล่านี้เป็นต้น

#### 2.2 พลังงาน (Energy)

พลังงานคือ ความสามารถในการทำงาน ซึ่งมีอยู่หลายรูปด้วยกัน เช่น พลังงานกล พลังงานความร้อน พลังงานแสง พลังงานปรมาณู พลังงานไฟฟ้า เป็นต้น สสารกับพลังงาน มีความสัมพันธ์กันอยู่อย่างแนบเนื่อง ในปี ค.ศ. 1905 อัลเบิร์ต ไอนสไตน์ (Albert Einstein) (ค.ศ. 1879-1955) ได้อ้างว่าพลังงานก็มีมวลเหมือนกัน แสงซึ่งเป็นพลังงานชนิดหนึ่งอาจจะถูกดูดโดยสสารได้โดยแรงดึงดูด คำอ้างอิงไอนสไตน์นี้ได้พิสูจน์แล้วว่า เป็นความจริงโดยนักดาราศาสตร์หลายคน ซึ่งพบว่าลำแสงส่องมาจากดวงดาวต่าง ๆ ผ่านดวงอาทิตย์มาสู่โลกนั้น ตอนที่ลำแสงนี้ผ่านดวงอาทิตย์นั้น ลำแสงนี้จะโค้งเข้าหาดวงอาทิตย์ด้วย ไอนสไตน์ได้เสนอสมการไว้ว่า  $E = mc^2$   $E$  คือปริมาณพลังงาน,  $m$  คือมวล และ  $c$  คืออัตราเร็วของแสง ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $2.9979 \times 10^{10}$  cm ต่อ 1 วินาที หน่วยต่าง ๆ ของสมการไอนสไตน์ (Einstein's Equation) มีดังนี้  $m$  คือ gram และ  $c$  เป็นเซนติเมตรต่อ 1 วินาที  $E$  มีหน่วยเป็นเออร์ก (Ergs)

แสงสว่างประกอบด้วยหน่วยพลังงานเล็ก ๆ ซึ่งเรียกกันว่า ควอนตาหรือโฟตอน (Quanta หรือ Photons) ซึ่งเคลื่อนไหวไปได้เท่ากับความเร็วของแสง กล่าวคือพลังงานเป็นตัวกระทำให้สสารเกิดการเปลี่ยนแปลงลงทุกครั้งไป และสสารก็อาจเปลี่ยนไปเป็นพลังงานได้

## 2.3 ธาตุ (Elements)

ธาตุที่พบอยู่ในโลกนี้มีประมาณ 105 ธาตุ ธาตุใหม่ๆ ที่พบคือ Plutonium, Californium, Neptunium, Berkelium, Americium, Curium, Einsteinium, Fermium, Mendeleevium, Nobelium, Lawrencium, Rutherfordium, Hahniu, ธาตุบนพื้นโลกนี้มีอยู่ประมาณ 45 ธาตุเท่านั้นที่พบในสภาวะอิสระ และมีธาตุที่สำคัญอยู่ประมาณ 20 ธาตุ ธาตุ 13 ธาตุที่ค้นพบในตอนหลังนั้นเป็นธาตุที่สร้างขึ้นทั้งนั้น ไม่เกิดในธรรมชาติ เรียกกันว่า Trans-Uranium Elements ในโลกนี้มีธาตุออกซิเจนมากที่สุด มีประมาณ 49.58% Si มีมากเป็นรองคือ 26.03% Al 7.28%, Fe 4.12%, Ca 3.18%, Na 2.33%, K 2.33%, Mg 2.11%, H 0.97%, Ti 0.41%, Cl 0.20%, Co .1%

ธาตุไนโตรเจน และออกซิเจน โดยมารวมอยู่เป็นสารอินทรีย์มีอยู่ในโลกนี้ประมาณ 1% เข้าใจกันว่าในใจกลางโลกก็มีเหล็กซัลไฟด์ นิกเกิลซัลไฟด์และออกไซด์ ต่อมาอีกชั้นก็มีแร่ ซิลิเกต ฉะนั้นเวลาเกิดภูเขาไฟระเบิดหินละลายออกจากภูเขาไฟจะมีเหล็กหลอม และมีกำมะถันออกมาเป็นส่วนมาก

ธาตุฟลูออรีน (Fluorine) มีอยู่ในร่างกายตรงปลายของฟันซึ่งใช้บดอาหาร มีในส่วนของฟันที่เรียกว่า Dentine ซึ่งอยู่เป็นสารประกอบของแคลเซียมฟลูออไรด์ ( $\text{CaF}_2$ )

กระดูกมนุษย์มีธาตุ Ca, P และ O เรียกว่าแคลเซียมฟอสเฟต [ $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ] เนื้อหนังมังสา เส้นประสาทและมันสมองมีธาตุ C, H, O และ N

เมล็ดข้าวมีธาตุ C, H และ O ไม้ไผ่และขนนกมีธาตุ Si อยู่มาก ถ้าถ่านมี K, Na, C และ O เกิดเป็นสารประกอบโซเดียมและโพแทสเซียมคาร์บอเนต

น้ำทะเลมีโซเดียมคลอไรด์ โพแทสเซียมคลอไรด์ โซเดียมซัลเฟต และโพแทสเซียมหรือแมกนีเซียมซัลเฟต

ในใบชา กาแฟ นอกจากมีสารอินทรีย์แล้ว ยังมีโลหะ Li อยู่ด้วย ในน้ำแร่มีเกลือ Rb, Ca ละลายอยู่ด้วย

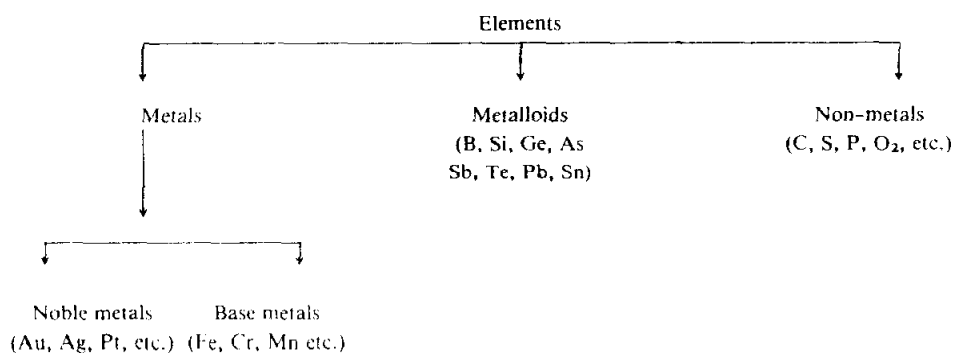
ในอากาศนอกจากมี  $\text{H}_2$  and  $\text{O}_2$  แล้วยังมีธาตุเฉื่อย หรือก๊าซหายากอยู่คือ He, Ne, Ar, Kr, Xe และ Rn

ธาตุไฮโดรเจน (H) ฮีเลียม (He) ไนโตรเจน (N) ออกซิเจน (O) ฟลูออรีน (F)

นีออน (Ne) คลอรีน (Cl) อาร์กอน (Ar) คริปทอน (Kr) ซีโนน (Xe) และเรดอน (Rn) จะอยู่ในสถานะเป็นก๊าซ ณ อุณหภูมิและความดันปกติ

สำหรับธาตุโบรมีน (Br) และธาตุปรอท (Hg) จะมีสถานะเป็นของเหลว ณ อุณหภูมิและความดันปกติเช่นกัน นอกจากธาตุดังกล่าวนี้ ธาตุอื่น ๆ จะอยู่ในสถานะเป็นของแข็ง

### แผนภาพแสดงสถานะของธาตุทั้งหลาย



โดยทั่วไป โลหะหมายถึงธาตุที่มีสมบัติสีเลื่อมเป็นมันในเมื่อไม่มีสิ่งอื่นเคลือบผิวอยู่ดีเป็นแผ่นบาง ๆ ได้ เป็นสื่อนำความร้อนและไฟฟ้า ฯลฯ พวกธาตุที่มีคุณสมบัติตรงข้ามนี้เรียกว่าอโลหะ อีกพวกหนึ่งอยู่กึ่งกลางระหว่างโลหะและอโลหะ มีสมบัติทั้งสองอย่างเรียกว่า Metalloids หรือ Semi-metals ในการแบ่ง Metals ออกเป็น Noble Metals และ Base Metals นั้น บางคนแบ่งธาตุออกเป็น Representative Transition Inner Transition และ Neighbours ของ Transition Elements

## 2.4 สัญลักษณ์ (Symbol)

มีอยู่ 2 ชนิดคือ

2.4.1 สัญลักษณ์เคมี คืออักษรใช้แทน 1 อะตอมของธาตุ โดยมากมักจะใช้ตัวอักษรอังกฤษตัวแรก ถ้าซ้ำกันก็ใช้ตัวอักษรตัวที่สองซึ่งเป็นตัวอักษรเล็กเติมไปด้วย เช่น H เป็นสัญลักษณ์เคมี ซึ่งแสดงถึง 1 อะตอมของก๊าซไฮโดรเจน He เป็นสัญลักษณ์เคมี ซึ่งแสดงถึง 1 อะตอมของก๊าซฮีเลียม

2.4.2 สัญลักษณ์นิวเคลียร์ (Nuclear Symbol) เช่น  ${}^4_2\text{He}$  หมายถึง 1 อะตอมฮีเลียม มีโปรตอน 2 โปรตอน (ตัวเลขข้างหน้าล่างคือ จำนวนโปรตอน) และมีโปรตอน + นิวตรอน (ตัวเลขเหนือข้างขวาเท่ากับ 4) ดังนั้นจะมีนิวตรอนเท่ากับ 2 ส่วน  ${}^{23}_{11}\text{Na}$  หมายถึง 1 อะตอมของโซเดียมมีโปรตอน 11 โปรตอน และมีผลบวกระหว่างโปรตอนกับนิวตรอนเท่ากับ 23 นั่นคือมีนิวตรอนเท่ากับ  $23 - 11$  เท่ากับ 12

ต่อไปนี้เป็นตารางนำหนักอะตอมของธาตุ ซึ่งแสดงสัญลักษณ์เคมีของธาตุต่าง ๆ

INTERNATIONAL ATOMIC WEIGHTS							
	Symbol	Atomic Number	Atomic Weight	Symbol	Atomic Number	Atomic Weight	
Aluminum	Al	13	26.97	Molybdenum	Mo	42	95.95
Antimony	Sb	51	121.76	Neodymium	Nd	60	144.27
Argon	A	18	39.944	Neon	Ne	10	20.183
Arsenic	As	33	74.91	Nickel	Ni	28	58.69
Barium	Ba	56	137.36	Nitrogen	N	7	14.008
Beryllium	Be	4	9.02	Osmium	Os	76	190.2
Bismuth	Bi	83	209.00	Oxygen	O	8	16.0000
Boron	B	5	10.82	Palladium	Pd	46	106.7
Bromine	Br	35	79.916	Phosphorus	P	15	30.98
Cadmium	Cd	48	112.41	Platinum	Pt	78	195.23
Calcium	Ca	20	40.08	Potassium	K	19	39.096
Carbon	C	6	12.010	Praseodymium	Pr	59	140.92
Cerium	Ce	58	140.13	Protactinium	Pa	91	231
Cesium	Cs	55	132.91	Radium	Ra	88	226.05
Chlorine	Cl	17	35.457	Radon	Rn	86	222
Chromium	Cr	24	52.01	Rhenium	Re	75	186.31
Cobalt	Co	27	58.94	Rhodium	Rh	45	102.91
Columbium	Cb	41	92.91	Rubidium	Rb	37	85.48
Copper	Cu	29	63.57	Ruthenium	Ru	44	101.7
Dysprosium	Dy	66	162.46	Samarium	Sm	62	150.43
Erbium	Er	68	167.2	Scandium	Sc	21	45.10
Europium	Eu	63	152.0	Selenium	Se	34	78.96
Fluorine	F	9	19.00	Silicon	Si	14	28.06
Gadolinium	Gd	64	156.9	Silver	Ag	47	107.880
Gallium	Ga	31	69.72	Sodium	Na	11	22.997
Germanium	Ge	32	72.60	Strontium	Sr	38	87.63
Gold	Au	79	197.2	Sulfur	S	16	32.06
Hafnium	Hf	72	178.6	Tantalum	Ta	73	180.88
Helium	He	2	4.003	Tellurium	Te	52	127.61
Holmium	Ho	67	164.94	Terbium	Tb	65	159.2
Hydrogen	H	1	1.0080	Thallium	Tl	81	204.39
Indium	In	49	114.76	Thorium	Th	90	232.12
Iodine	I	53	126.92	Thulium	Tm	69	169.4
Iridium	Ir	77	193.1	Tin	Sn	50	118.70
Iron	Fe	26	55.85	Titanium	Ti	22	47.90
Krypton	Kr	36	83.7	Tungsten	W	74	183.92
Lanthanum	La	57	138.92	Uranium	U	92	238.07
Lead	Pb	82	207.21	Vanadium	V	23	50.95
Lithium	Li	3	6.940	Xenon	Xe	54	131.3
Lutecium	Lu	71	174.99	Ytterbium	Yb	70	173.04
Magnesium	Mg	12	24.32	Yttrium	Y	39	88.92
Manganese	Mn	25	54.93	Zinc	Zn	30	65.38
Mercury	Hg	80	200.61	Zirconium	Zr	40	91.82

## 2.5 ความรู้ปัจจุบันเกี่ยวกับอะตอม (Modern Conception of Atoms)

อนุภาค (Particles) ต่าง ๆ ที่เป็นส่วนประกอบของอะตอม (Stable & Unstable Particles) ในปัจจุบันนี้เป็นที่ยอมรับกันแล้วว่า อะตอมประกอบด้วยอนุภาค (Particles) หลายชนิดในปริมาณ 1 ลูกบาศก์นิ้วจะมีอะตอมอยู่ได้ถึง  $10^{24}$  อะตอม อะตอมมีขนาดเล็กมาก มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 - 5 Å เท่านั้น อนุภาคเหล่านี้บางชนิดก็อยู่โดยลำพังได้ แม้ว่าจะเอาออกหรือเอาออกมานอกอะตอมก็มีลักษณะคงทนอยู่ได้ แต่ออนุภาคบางชนิดก็ไม่คงทนเอาเสียเลย อาจปรากฏให้เห็นจากการตรวจสอบได้เท่านั้น อนุภาคหนึ่งอนุภาคใดมิได้เป็นส่วนประกอบของอะตอมใดโดยเฉพาะ แต่ว่าอนุภาคหลายชนิดรวมกันเป็นส่วนประกอบของอะตอม อนุภาคเล็ก ๆ ต่าง ๆ เหล่านี้แบ่งออกเป็น 2 พวกใหญ่ ๆ คือ

2.5.1 อนุภาคอยู่ตัว (Stable Particles) เท่าที่ปรากฏมีอยู่ 3 ชนิดคือ อิเล็กตรอน โปรตอน และนิวตรอน ซึ่งเป็นอนุภาคมูลฐาน (Fundamental Particles) ของอะตอม โปรตอน และนิวตรอนอยู่ในนิวเคลียส ส่วนอิเล็กตรอนนั้นอยู่นอกนิวเคลียสมีการเคลื่อนไหวเป็นนิจ

อิเล็กตรอนบางคนเรียกว่า Negative Electrons นักฟิสิกส์เรียกว่า Negatron เคลื่อนไหวรอบนิวเคลียสของอะตอม มีประจุไฟฟ้าเป็นลบมีค่าเท่ากับ  $1.602 \times 10^{-19}$  คูโลมบ์ (1 คูโลมบ์ เท่ากับ  $13 \times 10^9$  esu) มีมวลเล็กมากหนักเพียง  $0.918 \times 10^{-27}$  กรัมหรือเท่ากับ 0.000549 A.M.U. อิเล็กตรอนนี้อาจจะทำให้เกิดได้จาก Crook's Tube หรือ Cathode Ray tube หรือโดย Thermoionic Effect หรือโดย Photo Electric Effect และโดย X-rays ขนาดของอิเล็กตรอน = 0.0005486 A.M.U.

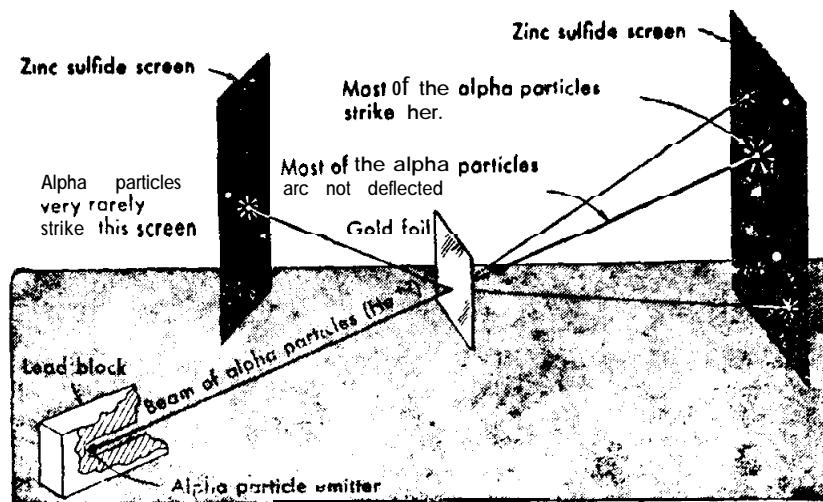
โปรตอน เป็นเม็ด มีประจุเป็นบวก มีอยู่ในนิวเคลียสของอะตอม หรือพบโดยวิธีของ Goldstein โดยการเกิด Positive Rays มีประจุบวกตรงกันข้ามกับอิเล็กตรอน อีกทั้งมีมวลเป็น 1.0043 A.M.U.

นิวตรอน เป็นเม็ด ขนาดเกือบเท่า Proton พบโดย Chadwick ในปี ค.ศ. 1932 อยู่ข้างใน Nucleus ของอะตอม นิวตรอนในนิวเคลียสนี้มีหน้าที่เชื่อมโปรตอนเข้าด้วยกันไม่ให้ผลลักัน นักปราชญ์พบว่า ในนิวเคลียสของอะตอมใด ๆ ที่มีจำนวนนิวตรอนเป็นเลข 2, 8, 20, 50, 82, 126 แล้ว อะตอมนั้น ๆ จะเสถียร นิวตรอนเกิดขึ้นได้โดยปฏิกิริยานิวเคลียส โดยยิง  $\alpha$ -particle ลงสู่เป้า เบอริลเลียม จะได้  $C^{12}$  กับนิวตรอน ( ${}_4Be^9 + {}_2He^4 \longrightarrow {}_6C^{12} + n^1$ ) ขนาด = 1.0087 A.M.U.

2.5.2 อนุภาคที่ไม่อยู่ตัว (Unstabled Particles) ซึ่งอยู่ในนิวเคลียส (Nucleus) คือ Positrons, Mesons, Antiproton และ Neutrino (Positron เตรียมได้จาก  ${}_7\text{N}^{13} \longrightarrow {}_6\text{C}^{13} + \beta^+$ )

## 2.6 ขนาดและโครงสร้างของอะตอม

จากความรู้ในเรื่องอนุภาคต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วพอจะรวบรวมความคิดเห็นต่าง ๆ ซึ่งเกี่ยวกับอะตอมได้ว่าประกอบไปด้วย (ก) อนุภาคที่มีประจุลบ (ข) ที่มีประจุบวก และ (ค) อนุภาคที่เป็นกลาง ขนาดของอะตอมนี้มีเส้นผ่านศูนย์กลาง  $10^{-8}$  cm สำหรับยูเรเนียมมีนิวเคลียสอยู่ตรงกลางซึ่งประกอบด้วยโปรตอนและนิวตรอน (ยกเว้นไฮโดรเจนอะตอมเดียวซึ่งนิวเคลียสมีแต่โปรตอนไม่มีนิวตรอน) และนิวเคลียสนี้มีขนาด  $10^{-12}$  cm ถัดชั้นของนิวเคลียสออกมาเป็นอนุภาคอิเล็กตรอนซึ่งเคลื่อนที่อยู่รอบ ๆ นิวเคลียส จะเห็นว่าอนุภาคต่าง ๆ ที่ประกอบเป็นอะตอมเล็กมาก จึงมีที่ว่างระหว่างนิวเคลียสและอิเล็กตรอน ปรากฏการณ์ที่แสดงว่าอะตอมมีนิวเคลียส และมีที่ว่างระหว่างนิวเคลียสและอิเล็กตรอนนั้นอาจพิสูจน์ได้ด้วยการทดลองของ Rutherford ดังต่อไปนี้



การทดลองของรัทเธอร์ฟอร์ดพิสูจน์ว่าอะตอมประกอบด้วยนิวเคลียสและอิเล็กตรอน

Rutherford ได้ทำการทดลองเพื่ออธิบายให้เข้าใจโครงสร้างของอะตอมให้แจ่มกระจ่างยิ่งขึ้น เขาใช้เครื่องมือทดลองดังรูปข้างบนนี้ ใช้อนุภาคแอลฟาไป Bombard แผ่นทองบาง ๆ ซึ่งหนาประมาณ 0.0004 cm แล้วตรวจอนุภาคส่วนที่ผ่านแผ่นทองบาง ๆ และส่วนที่ไม่ผ่านโดยใช้ฉากที่ทำด้วย Zinc Sulphide เมื่ออนุภาคแอลฟากระทบถูกฉาก Zinc sulphide เข้าก็จะให้แสงเรืองออกมาให้เห็นทันที จากการทดลองของเขาแสดงให้เห็นว่าจาก Zinc sulphide ที่อยู่ข้างหน้าและข้างหลังแผ่นทองบาง ๆ นั้น มีแสงเรืองปรากฏให้เห็นขึ้นได้ แสงเรืองที่เกิดขึ้นในฉากข้างหลังนั้น บางอันก็เกิดขึ้นซึ่งบอกตำแหน่งที่เป็นเส้นตรงกับทิศทางของอนุภาคแอลฟาเมื่อก่อนถูกแผ่นทอง แต่บางอันก็เบี่ยงเบนออกไปจากตำแหน่งดังกล่าว จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า จุดสว่างที่เป็นเส้นตรงกับทิศทางของอนุภาคแอลฟาเดิมนั้น แสดงว่า อนุภาคแอลฟาไม่กระทบกับอะไร เสมือนกับว่าแผ่นทองนั้นเป็นตาข่ายลวด ซึ่งมีช่องว่างอยู่ ส่วนจุดสว่างที่เบนออกไปจากทิศทางเดิมนั้นแสดงว่าอนุภาคแอลฟาไปชนสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือเปรียบได้กับเส้นลวดที่ประกอบเป็นตาข่าย แต่การชนนั้นไม่ตรงทีเดียว จึงทะลุผ่านออกไป และทำให้มีจุดสว่างในตำแหน่งอื่น สำหรับจุดสว่างที่เกิดขึ้นในฉาก Zinc sulphide ที่อยู่ข้างหน้าแผ่นทองนั้น ก็แสดงว่าอนุภาคแอลฟาไปชนเข้าตรงกลางของสิ่งที่กีดขวางอยู่ จึงกระเด็นกลับออกมาอีกทางหนึ่ง

การทดลองอันนี้พิสูจน์ให้เห็นว่า อะตอมประกอบด้วยนิวเคลียส (Nucleus) อยู่ในส่วนกลางของอะตอม มีอิเล็กตรอน (Electron) อยู่รอบนอก และมีที่ว่างระหว่าง Nucleus กับ Electrons

## 2.7 ความหมายของธาตุและสารประกอบในปัจจุบัน

2.7.1 ธาตุในทางวิชาเคมี (Chemical elements) เราได้เห็นแล้วว่าธาตุต่าง ๆ นั้นมิใช่จะทำให้สลายไม่ได้ เราอาจจะแปรธาตุหนึ่งให้เป็นอีกธาตุหนึ่งก็ได้ นอกจากนี้เขายังได้พบว่าจากการทดลอง Positive ray analysis แล้วว่าอะตอมต่าง ๆ ของธาตุเดียวกันก็ไม่จำเป็นจะต้องเหมือนกันทุกประการดังที่ Dalton เข้าใจกันมาตั้งแต่ ค.ศ. 1805 อะตอมของธาตุเดียวกันอาจจะมี Mass ต่างกัน อะตอมเหล่านี้เรียกว่า Isotopes และ Atoms ของธาตุต่างชนิดอาจมี Mass เท่ากัน เรียกว่า Isobars เช่น  $C_6^{14}$ ,  ${}_7N^{14}$  ดังนั้นในทัศนะใหม่ของอะตอมนั้น เราจึงให้จำกัดความดังนี้



2.7.2 ธาตุ คือสารซึ่งประกอบด้วยอะตอมทั้งหลายที่มี Atomic Number เท่ากัน

2.7.3 สารประกอบ คือสารที่ประกอบด้วยอะตอมทั้งหลายที่มี Atomic Number ต่าง ๆ รวมกันด้วยอัตราส่วนคงตัว

ในที่สุดนี้ต้องขออภัยด้วยว่า Nuclear changes ต่าง ๆ (ยกเว้นพวก Naturally radioactive elements) เกิดขึ้นภายใต้ภาวะที่ประดิษฐ์ขึ้นนั้น เป็นไปโดยเสียค่าสิ้นเปลืองมาก นอกจากนี้ ปริมาณของ Isotopes ต่าง ๆ ของธาตุใดธาตุหนึ่งในโลกนี้ยังเป็นปริมาณคงที่อยู่เสมอ ดังนั้น ในวิชาเคมีทั่ว ๆ ไป เรายังถือว่าธาตุไม่อาจทำลายสูญหายไปจากโลกนี้ได้