5

โครงสร้างของสารประกอบ และ การเรียกชื่อทางเคมี

บทที่แล้วได้อธิบายถึงโครงสร้างของอะตอมของธาตุ สำหรับบทนี้จะได้ศึกษาถึงว่าอะตอมต่าง ๆ อยู่ด้วยกันอย่างไรจึงเกิดเป็นสารประกอบชนิดต่าง ๆ ได้

5-1 เวเลนซ์ (Valence) และออกซิเดชั่นนัมเบอร์ (Oxidation number)

ก่อนที่จะศึกษาโครงสร้างของสารประกอบ จะต้องทราบความหมายของคำว่า เวเลนซ์และออกซิเดชั่นนัมเบอร์เสียก่อน

เวเลนซ์เป็นจำนวนซึ่งได้อธิบายความสามารถของธาตุซึ่งรวมกันเกิดเป็นสารประกอบและมักจะยึดถืออะตอมของธาตุไฮโดรเจนเป็นหลัก โดยให้เวเลนซ์ของไฮโดรเจนมีค่าเท่ากับหนึ่ง อะตอมของธาตุไฮโดรเจนเมื่อรวมกับธาตุอื่นเกิดเป็นสารประกอบแบบไบนารี มักจะใช้อะตอมของไฮโดรเจนตั้งแต่หนึ่งตัวขึ้นไป ดังนั้นค่าเวเลนซ์ของธาตุอื่นอาจมีค่า เป็น 1, 2, 3, 4.... ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าใช้อะตอมของไฮโดรเจนเท่าใด เช่นสารประกอบไฮโดรเจนคลอไรด์ ซึ่งมีอัตราส่วนระหว่างไฮโดรเจนกับคลอรีนเป็น 1 : 1 ดังนั้นคำว่าเวเลนซ์ของคลอรีนเท่ากับหนึ่ง ในกรณีของไฮโดรเจนคลอไรด์ สำหรับน้ำค่าของเวเลนซ์ของออกซิเจนเท่ากับสอง ดังนั้นถ้าต้องการทราบค่าเวเลนซ์ของธาตุใดให้นำไปเปรียบเทียบกับค่าเวเลนซ์ของไฮโดรเจน

ธาตุบางชนิดมีค่าเวเลนซ์ค่าเดียวแต่มีหลายธาตุที่มีค่าเวเลนซ์ได้หลายค่า เช่นอาจมีค่า 1 และ 2 หรือ 2 และ 3 เช่นสารประกอบคาร์บอนมอนนอคไซด์ (CO) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) คาร์บอนในสารประกอบคาร์บอนมอนอคไซด์จะมีค่าเวเลนซ์เป็น 2 ส่วนคาร์บอนในสารประกอบคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าเวเลนซ์เป็น 4 เนื่องจากใช้ออกซิเจนสองอะตอมรวมกับคาร์บอน 1 อะตอม ในกรณีของสารประกอบ N_2O, NO, N_2O_3, N_2O_4, NO_2 และ N_2O_5 ค่าเวเลนซ์ของไนโตรเจน แต่ละสารประกอบมีค่า 1, 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ

ถ้าค่าเวเลนซ์ของธาตุใดในสารประกอบมีค่า เป็นบวก (positive) และเป็นลบ (negative) มักจะเรียกว่า ออกซิเดชั่นนัมเบอร์แทน ดังนั้นความหมายของออกซิเดชั่นนัมเบอร์ก็คือจำนวนตัวเลขบวกหรือลบ ซึ่งใช้อธิบายความสามารถของธาตุในการเกิดสารประกอบ ประจุไฟฟ้าที่มีอยู่ในอิออนเรียก ประจุอิออนิค (ionic charge) ในการเกิดสารประกอบของธาตุ บางครั้งธาตุมีทั้งการเสียอิเลคตรอนและได้อิเลคตรอน ดังนั้นค่าประจุอิออนิคจะเท่ากับจำนวนอิเลคตรอนที่เสียหรืออิเลคตรอนที่ได้รับของแต่ละธาตุ ผลบวกของค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์ของอะตอมของธาตุทั้งหลายในสารประกอบมีค่าเท่ากับศูนย์

อิออนใดมีอำนาจประจุไฟฟ้าบวกเรียกแคทอิออน (cation) และอิออนใดมีอำนาจประจุไฟฟ้าลบเรียก แอนอิออน (Anions) โดยปกติแล้วโลหะจะมีค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์บวก

อโลหะจะมีค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์ลบเมื่อรวมกับโลหะ สารประกอบบางตัวมีอโลหะสองตัวรวมกัน อโลหะธาตุหนึ่งจะมีค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์บวก อีกธาตุหนึ่งจะมีค่าเป็นลบ

เกณฑ์ในเรื่องของออกซิเดชั่นนัมเบอร์มีดังนี้

1. ผลบวกทางพีชคณิตของออกซิเดชั่นนัมเบอร์ของอะตอมทั้งหลายในสูตรของสารประกอบจะมีค่าเป็นศูนย์

2. ค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์ของธาตุที่อยู่ในสภาวะอิสระจะมีค่าเป็นศูนย์

3. ค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์ของอิออนจะมีค่าเท่ากับค่าประจุอิออนของอิออนนั้น

4. ค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์ในสารประกอบของอะตอมที่ไม่เหมือนกันสองอะตอม ถ้าอะตอมใดมีค่าอิเลคโตรเนกาตีฟ * สูงกว่าจะมีค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์ลบ ตัวอย่างเช่นไฮโดรเจนคลอไรด์ (HCl) H จะมีค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์ 1^+ ส่วน Cl มีค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์ 1^- ทั้งนี้เพราะคลอรีนมีค่าอิเลคโตรเนกาตีฟวิตี้สูงกว่าไฮโดรเจน

5. สารประกอบส่วนใหญ่ที่มีไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบ ไฮโดรเจนจะมีค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์เท่ากับ 1^+ ยกเว้นในกรณีที่เป็นสารประกอบไฮไดรด (Hydrides) ของโลหะที่ว่องไวค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์ของไฮโดรเจนมีค่าเป็น 1^- เช่น NaH, LiH, CaH_2, AlH_3 และอื่น ๆ

6. สารประกอบของออกซิเจนส่วนใหญ่ค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์ของออกซิเจนมีค่าเป็น 2^+ ยกเว้นกรณีของการเป็นพวกเปอรออกไซด์ ได้แก่ Na_2O_2, H_2O_2, BaO_2 และอื่น ๆ อีก ค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์ของออกซิเจนมีค่าเป็น 1^- แต่สำหรับสารประกอบ OF_2 ค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์ของออกซิเจนเป็น 2^+ เนื่องจากฟลูออรีนมีค่าอิเลคโตรเนกาตีฟสูงกว่า (ดูตาราง 5-1)

---

* อิเลคโตรเนกาตีฟ หมายถึง การที่อะตอมมีความสามารถจะดึงดูดอิเลคตรอนเข้ามาหาอะตอมได้

ตาราง 5-2 ค่าแคทอิออนและสูตรของโลหะบางตัวพร้อมทั้งการเรียกชื่อ (Some Common Metals with the Formula of cation and their names)

โลหะ		ชื่อแคทอิออน
Aluminum	AL^{3+}	Aluminum
Barium	Ba^{2+}	Barium
Copper	Cu^{1+}	Cuprous
	Cu^{2+}	Cupric
lead	Pb^{2+}	lead (II) or plumbous
	Pb^{4+}	lead (IV) or plumbic
Tin	Sn^{2+}	Stanous
	Sn^{4+}	Stannic

ตัวอย่าง จงคำนวณค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์ของ Mn ในสารประกอบ K_2MnO_4

วิธีทำ K มีค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์ 1^+

O มีค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์ 2^-

ดังนั้น ผลบวกทางพีชคณิตของธาตุต่าง ๆ ในสารประกอบนี้ = 0

$2\,(1^+)$ + ออกซิเดชั่นนัมเบอร์ Mn + $4\,(2^-)$ = 0

2 + ออกซิเดชั่นนัมเบอร์ Mn $- 8$ = 0

ออกซิเดชั่นนัมเบอร์ Mn $= 8 - 2$ = 6^+ หรือ $+6$

ตอบ

ตัวอย่าง จงคำนวณค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์ของ Cr ใน $Cr_2O_7^{2-}$ อิออน

วิธีทำ O มีค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์เท่ากัน 2-

Cr ต้องการทราบค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์

จากเกณฑ์ข้อ 3 ผลบวกของค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์ของธาตุทั้งหมดในอิออนจะต้องเท่ากับประจุของอิออน คือเท่ากับ 2-

2 (ออกซิเดชั่นนัมเบอร์ Cr) + $7\,(-2)$ = -2

2 ออกซิเดชั่นนัมเบอร์ Cr $- 14$ = -2

2 ออกซิเดชั่นนัมเบอร์ Cr = 12

ออกซิเดชั่นนัมเบอร์ Cr = $\frac{12}{2} = +6$ หรือ 6^+

ตอบ

7. สำหรับสารประกอบเฮไลด์ทั้งหมด อาทิ เช่น NaF NaCl NaBr NaI ค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์ของ F Cl Br และ I เท่ากับ 1^-

8. สารประกอบซัลไฟด์ทั้งหลาย เช่น Na_2S ค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์ของ S เป็น 2^-

จากเกณฑ์ดังกล่าวนี้ ทำให้สามารถคำนวณหาค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์ของธาตุบางตัวที่ต้องการทราบในแต่ละสารประกอบได้

ตาราง 5-1 ค่าของอิเลคโตรเนกาตีฟวิตี้ของธาตุบางตัว (Electronegativeties of some Selected Elements)

ธาตุ	ค่าอิเลคโตรเนกาตีฟวิตี้
F	4.0
O	3.5
Cl	3.0
N	3.0
Br	2.8
I	2.5
C	2.5
S	2.5
P	2.1
H	2.1
B	2.0
Si	1.8

ได้มีผู้ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องค่าของอิเลคโตรเนกาตีฟและพบว่า ธาตุฟลูออรีนมีค่ามากและค่อยลดน้อยลงตามลำดับ จึงสรุปได้ว่า F > O > Cl > N > Br > I > C > S > P > H > B >Si

5-2 พันธะเคมี (Chemical Bonds)

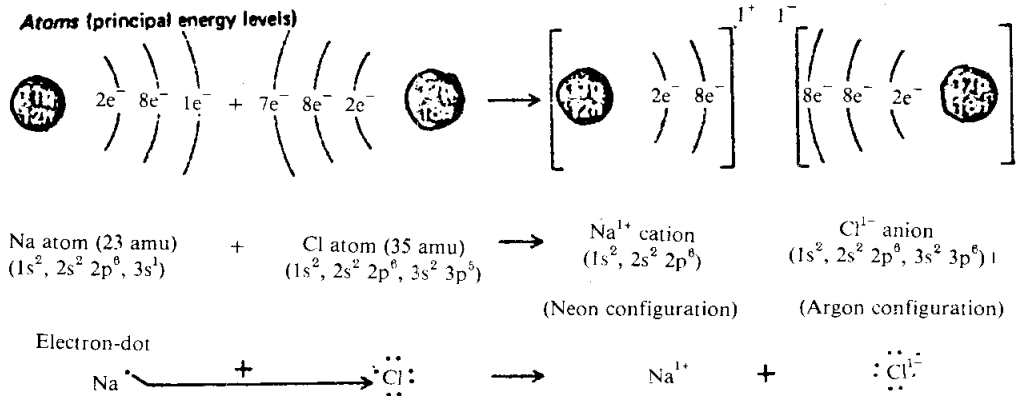
เมื่ออะตอมของธาตุเกาะเกี่ยวกันเกิดเป็นสารประกอบและการเกาะเกี่ยวนั้นโดยใช้พันธะ (bond) พบว่ามีสามแบบ คือ

1. อิเลคโตรเวเลนท์ หรือ ไอออนิค (Electrovalent or ionic)
2. โคเวเลนท์ (Covalent)
3. โคออร์ดิเนต โคเวเลนท์ (coordinate covalent)

5-3 พันธะอิเลคโตรเวเลนท์หรือพันธะไอออนิค

การเกิดพันธะอิเลคโตรเวเลนท์หรือพันธะไอออนิค เนื่องจากการที่อิเลคตรอนจากอะตอมหนึ่งวิ่งไปสู่อีกอะตอม ทำให้อะตอมนั้นเสียอิเลคตรอน ปกติอะตอมของโลหะที่มีเวเลนซ์อิเลคตรอนที่มีค่าหนึ่ง สอง หรือสาม มีแนวโน้มที่จะเสียอิเลคตรอน แล้วอะตอมนั้นกลายเป็นอิออน (แคทอิออน) สำหรับอะตอมของอโลหะมีค่าเวเลนซ์อิเลคตรอนประมาณ 5, 6 หรือ 7 มักจะเป็นฝ่ายได้รับอิเลคตรอนเพื่อให้ครบแปด แล้วกลายเป็นอิออน (แอนอิออน) และในที่สุดทั้งแคทอิออนและแอนอิออนจะรวมกันเกิดเป็นสารประกอบขึ้น สารประกอบที่เกิดขึ้นโดยวิธีนี้เรียกว่า สารประกอบไอออนิค (ionic compound) เช่น สารประกอบโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เกิดจากอะตอมของโซเดียมรวมกับอะตอมของคลอรีน พิจารณาจากรูป

รูป 5-1 การรวมตัวเกิดเป็นสารประกอบโซเดียมคลอไรด์ (The formation of Sodium chloride)



อะตอมของโซเดียมมีเวเลนซ์อิเลคตรอนเท่ากับหนึ่ง ส่วนอะตอมของคลอรีนมีเวเลนซ์-อิเลคตรอนเท่ากับเจ็ด เวเลนซ์อิเลคตรอนหนึ่งจากโซเดียมจะวิ่งเข้าสู่อะตอมของคลอรีน ทำให้โซเดียมมีอิเลคตรอนวงนอกครบแปด ในขณะเดียวกันทำให้คลอไรด์อิออนมีอิเลคตรอนวงนอกเท่ากับแปด จึงสามารถเกิดสารประกอบโซเดียมคลอไรด์ได้ พันธะที่ก่อให้เกิดการจับตัวในลักษณะเช่นนี้เรียกว่า อิเลคโตรเวเลนท์ หรือ พันธะไอออนิค (Electrovalent or Ionic bond)

การเกิดสารประกอบแบบไอออนิคทำให้ทราบเรื่องราว ดังนี้

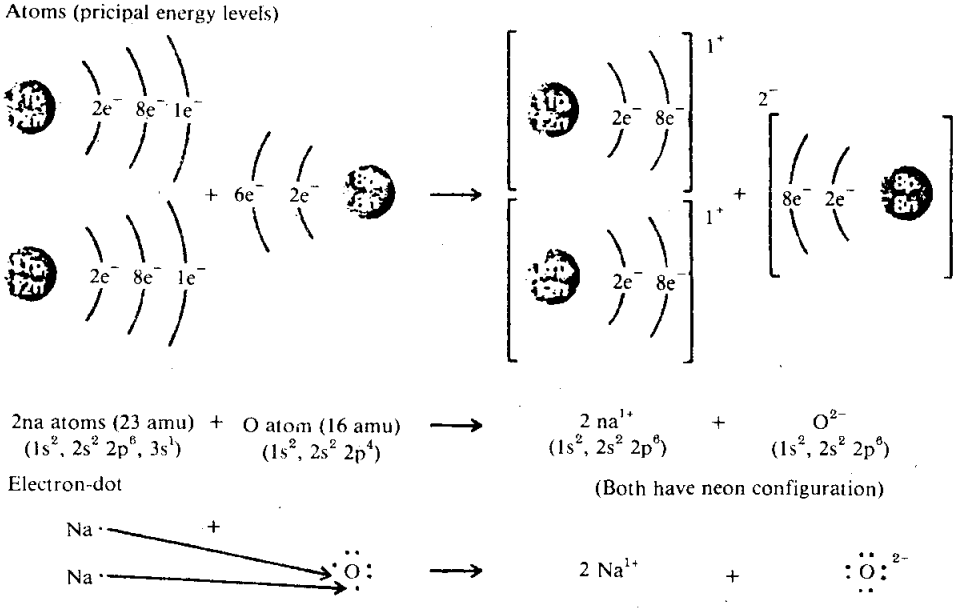
1. เมื่ออิเลคตรอนของธาตุหนึ่งวิ่งไปสู่อีกธาตุหนึ่ง ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของธาตุนั้น ๆ ได้ จะเห็นได้ว่าอะตอมของธาตุโซเดียม คลอรีนและสารประกอบโซเดียมคลอไรด์

(เกลือแกง) แตกต่างกัน อาทิเช่น โซเดียมมีสมบัติเป็นโลหะของแข็ง ถูกตัดด้วยมีดได้เป็นธาตุที่เป็นพิษ ส่วนคลอรีนมีลักษณะเป็นก๊าซสีเขียวอ่อน กลิ่นฉุน เป็นพิษสำหรับโซเดียมคลอไรด์เป็นของแข็งไม่มีสี รับประทานได้ จึงเห็นได้ว่า เมื่อเกิดการถ่ายอิเลคตรอนจากอะตอมหนึ่งสู่อีกอะตอม ทำให้สมบัติเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมาก

2. ค่าของประจุของอิออนมีความสัมพันธ์กับจำนวนโปรตอนและอิเลคตรอนในอิออนนั้น ในกรณีของอะตอมของโซเดียมที่เป็นกลางจะมีโปรตอน 11 ตัว อิเลคตรอน 11 ตัว ถึงแม้อะตอมของโซเดียมนี้ให้อิเลคตรอนกับธาตุอื่นหนึ่งตัวก็ตาม แต่ก็ยังคงมีโปรตอน 11 ตัว เช่นเดิม ส่วนอิเลคตรอนคงเหลือ 10 ตัว ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า โซเดียมอิออนนี้มีค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์เท่ากับ 1^+ คลอรีนซึ่งเป็นตัวรับอิเลคตรอนมีค่าออกซิเดชันนัมเบอร์เท่ากับ 1^-

3. รัศมีของอิออนของธาตุก็มีความแตกต่างกับรัศมีของอะตอมของธาตุ เช่น อะตอมของธาตุโซเดียมมีค่า 1.57 A° เมื่อเป็น Na^{+1} มีค่า 0.95 A° จะเห็นได้ว่าเมื่อเกิดเป็นอิออนค่าของรัศมีลดลง ทั้งนี้เนื่องจากมีการให้อิเลคตรอน แต่ในกรณีของคลอรีนเป็นฝ่ายได้อิเลคตรอน (ดังข้อ 2) จึงมีรัศมีของอิออนคลอรีนเพิ่มขึ้นจาก 0.99 A° เป็น 1.81 A° เป็นต้น

รูป 5-2 การเกิดโซเดียมออกไซด์ (The Formation of Sodium Oxide)



สารประกอบ Na_2O เกิดขึ้นเมื่อสองอะตอมโซเดียมให้อิเลคตรอนต่อหนึ่งอะตอมของออกซิเจน (ดังรูป 5-2) ปกติแล้วออกซิเจนต้องการอิเลคตรอนอีก 2 ตัว (เพราะมีอยู่แล้ว 6 อิเลคตรอน) จึงจะทำให้เกิดระดับพลังงานสูงสุดหรือเรียกว่าทำให้ครบแปด ดังนั้นจึงต้องรับจากโซเดียมสองอะตอม สูตรของสารประกอบนี้จึงเป็น Na_2O

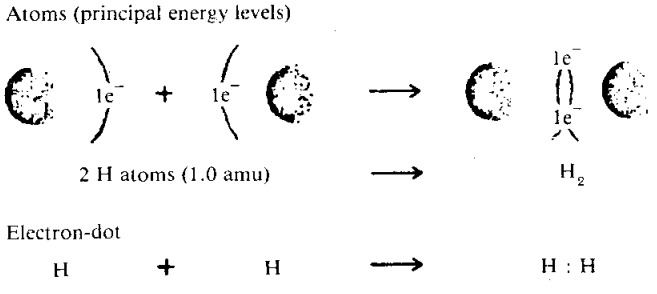
4. เมื่อมีการรวมตัวเป็นสารประกอบจะเกิดพลังงานขึ้น ในกรณีของการเกิดโซเดียม-คลอไรด์ 58.5 กรัม จะได้พลังงาน 98.6 กิโลคาลอรี่ ดังนั้นถ้าต้องการสลายสารประกอบโซเดียม-คลอไรด์ 58.5 กรัม เพื่อให้กลายเป็นอะตอมโซเดียมและอะตอมคลอรีนจะต้องใช้พลังงาน 98.6 กิโลคาลอรี่

5-4 พันธะโคเวเลนท์ (The Covalent Bond)

พันธะโคเวเลนท์เกิดขึ้นเนื่องจากมีการใช้อิเลคตรอนร่วมกันของอะตอมทั้งหลาย สารประกอบที่เกิดขึ้นแบบนี้เรียกว่าสารประกอบโคเวเลนท์ (covalent compound) ส่วนสารประกอบไอออนิคจัดว่าเป็นฟอมมูล่ายูนิต (Formula unit)

กรณีของก๊าซไฮโดรเจนมีการจัดตัวแบบพันธะโคเวเลนท์ ดังนี้

รูป 5-2 การจับกันของก๊าซไฮโดรเจน (The Formation of Hydrogen, H_2)



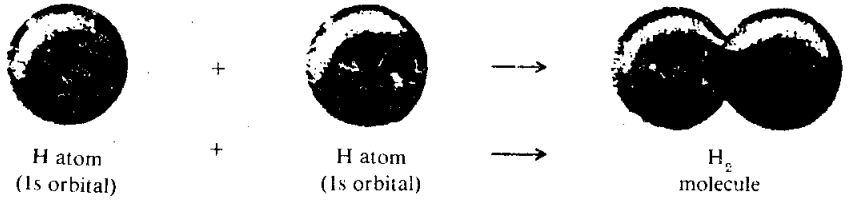
ได้พบกันว่าอะตอมของไฮโดรเจนหนึ่งอะตอมจะไม่เสถียรเพราะมีเวเลนซ์อิเลคตรอนเพียงหนึ่ง แต่ถ้าอยู่แบบสองอะตอมจะทำให้เสถียรยิ่งขึ้น ฉะนั้นโมเลกุลของไฮโดรเจนจับแบบพันธะโคเวเลนท์ทั้งสิ้น ในการเกิดสารประกอบแบบนี้มีสิ่งที่ต้องคำนึง คือ

:- อะตอมเดียวของธาตุไฮโดรเจนนับได้ว่าไม่เสถียร แต่ถ้าอยู่สองอะตอมด้วยกันจะเกิดการเสถียร ดังนั้นจึงเขียนสูตรได้เป็น H_2

:- เมื่อเกิดพันธะโคเวเลนท์ พลังงานจะเข้ามามีบทบาทด้วย ได้พบว่าเมื่อเกิดก๊าซไฮโดรเจนประมาณสองกรัม จะมีพลังงานเกิด 104 กิโลคาลอรี่ ดังนั้นเมื่อให้ไฮโดรเจนจำนวนสองกรัมสลายเป็นอะตอมไฮโดรเจน ต้องใช้พลังงานความร้อน 104 กิโลคาลอรี่

:- ในการเกิดพันธะเคมี อะตอมทั้งสองจะต้องเข้ามาใกล้กัน ระยะที่ใกล้กันนี้คิดเป็นอางสโตม (A°) แต่การใกล้กันนี้ต้องมีระยะจำนวนหนึ่งเพราะถ้าใกล้กันมากจะเกิดการผลักขึ้นระหว่างอะตอมคู่นั้น ระยะนั้น ๆ เรียก ความยาวพันธะ ในกรณีของการเกิด H_2 ความยาวพันธะเท่ากับ 0.74 A°

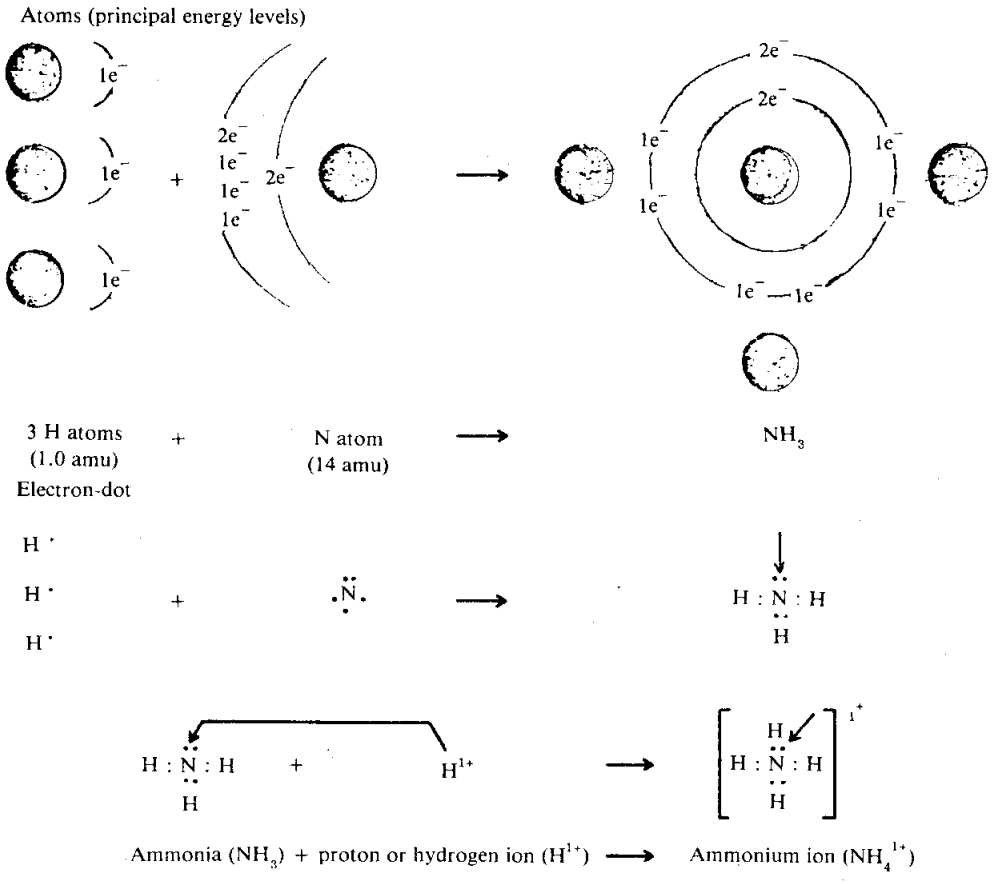
รูป 5-3 การเกิดโมเลกุลของไฮโดรเจน (Formation of Hydrogen Molecule)



5-5 พันธะโคออรดิเนต โคเวเลนท์ (The Coordinate Covalant Bond)

ตามที่ทราบมาแล้วว่าพันธะโคเวเลนท์นั้นคือ อะตอมของธาตุต่าง ๆ ใช้อิเลคตรอนร่วมกันหรือจับคู่กัน ส่วนพันธะโคออรดิเนตโคเวเลนท์นั้น ในโมเลกุลจะมีอิเลคตรอนจับคู่แบบพันธะโคเวเลนท์ด้วย และมีอิเลคตรอนซึ่งอยู่ในอะตอมเดียวกันจับคู่กันเองเรียกว่า unshared pair of electron เมื่อมีโปรตอนมารวมอีก โปรตอนนี้จะไปจับที่ unshared pair of electron เกิดเป็นพันธะโคออรดิเนตโคเวเลนท์ (ดูรูป 5-4)

รูป 5-4 การเกิดแอมโมเนียมและเกิดอิออนแอมโมเนีย (The Formation of Ammonia and Ammonium ion)



ตัวอย่างสารประกอบซึ่งมีพันธะโคออรดิเนตโคเวเลนท์ คือ อิออนแอมโมเนียม (NH_4^{1+}) อิออนนี้เกิดจากโปรตอนหรืออิออนไฮโดรเจน (หมายถึงอะตอมของไฮโดรเจนที่ไม่มีอิเลคตรอน) รวมกับแอมโมเนีย (ดูรูป 5-4) จะเห็นได้ว่าเมื่อเกิดแอมโมเนียนั้นมี unshared pair of electrons ต่อมาเมื่อแอมโมเนียพบกับโปรตอน ๆ จะไปรวมกับแอมโมเนีย ตรง unshared pair of electrons เกิดพันธะโคออรดิเนตโคเวเลนท์ ได้อิออนแอมโมเนียม (NH_4^{1+})

5-6 โครงสร้างแบบจุด (Electron - Dot Structure)

เพื่อที่จะอธิบายลักษณะพันธะมักใช้จุดแทนอิเล็คตรอน ก่อนอื่นต้องอธิบายให้ได้ว่าอิเลคตรอนของอะตอมของธาตุต่าง ๆ อยู่อย่างไรภายในโมเลกุล ปกติธาตุทั้งหลายในสูตรต่าง ๆ ต้องการให้อิเลคตรอนที่ระดับพลังงานอันนอกสุดมีจำนวนแปด หรือที่เรียกว่า "Rule of eight" * ยกเว้นไฮโดรเจนซึ่งมีการใช้อิเลคตรอนร่วมกับธาตุอื่นเพื่อเป็นสารประกอบโดยต้องการใช้อิเลคตรอนสองตัวก็สมบูรณ์บางทีเรียก "Rule of two" ต่อมาจึงมีการเขียนสูตรโครงสร้างสารประกอบแบบจุด (.) ซึ่งสรุปการเขียนโครงสร้างแบบจุด ดังนี้

1. ให้เขียนสัญลักษณ์ธาตุและจำนวนอิเลคตรอนในระดับพลังงานอันนอกสุด เช่น คาร์บอนมีเวเลนซ์อิเลคตรอนเท่ากับ 4 เขียนเป็น C แมกนีเซียมมีเวเลนซ์อิเลคตรอนเท่ากับ 2 เขียนเป็น Mg. ซัลเฟอร์มีเวเลนซ์อิเลคตรอนเท่ากับ 6 เขียนเป็น S

2. จัดอะตอมเพื่อให้ทุกอะตอมที่เกิดสารประกอบเป็นไปตาม "rule of eight" สำหรับไฮโดรเจนเป็น "rule of two"

ตัวอย่างการเขียนสูตร เช่น น้ำ (H_2O)

H.

$\cdot\ddot{O}:$ เขียน $H:\ddot{O}:$ (H)

H.

เพื่อให้สะดวกขึ้นจึงได้มีการเปลี่ยนจากอิเลคตรอนแบบ : เป็นเครื่องหมาย - และเรียกการเขียนแบบนี้ว่า สูตรโครงสร้าง (Structural formula)

มีเทน (CH_4) เขียนได้ดังนี้

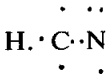
---

* คือการที่อะตอมใด ๆ มีแนวโน้มสร้างพันธะให้เวเลนซ์อิเลคตรอนครบแปดเมื่อเกิดสารประกอบแบบพันธะ-อิออนิคหรือพันธะโคเวเลนท์

คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เขียนได้ดังนี้

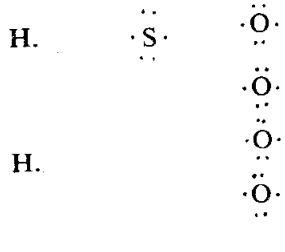
หรือ :O::C::O: หรือ O = C = O

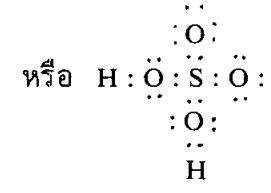
ไฮโดรเจนไซยาไนด์ (HCN) เขียนได้ดังนี้



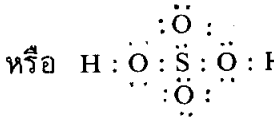
หรือ H : C ::: N : หรือ H – C ≡ N

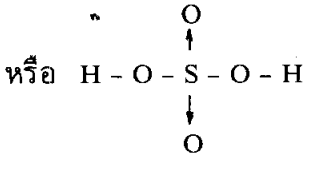
กรดกำมะถัน (H_2SO_4) เขียนได้ดังนี้



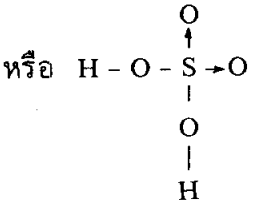


หรือ H : O : S : O : H





หรือ H – O – S – O – H



หรือ H – O – S → O

5-7 การเขียนสูตร (Writing Formular)

ในการเขียนสูตรของสารประกอบ จะต้องทราบชื่อสารและสูตรของแคทอิออน แอนอิออนและโพลีอะตอมมิคอิออน (ดูจากตาราง 5-2, 5-3 และ 5-4) อีกทั้งต้องทราบค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์ของแคทอิออน แอนอิออน และต้องคำนึงว่าสารประกอบเป็นกลาง ผลบวกของประจุบวกต้องเท่ากับผลบวกของประจุลบ เช่น อาลูมิเนียมโบรไมด์ ประกอบด้วยอิออนอาลูมิเนียม (Al^{3+}) และอิออนโบรไมด์ (Br^{1-}) ฉะนั้นสูตรของสารนี้ต้องเป็น $Al^{3+} + Br^{1-}$ Br^{1-} Br^{1-} หรือ $Al(Br)_3$ (ทั้งนี้เพราะผลบวกของประจุบวกต้องเท่ากับผลบวกของประจุลบในสารประกอบนี้)

ตาราง 5-2 โลหะพร้อมสูตรของแคทอิออนและชื่อ

โลหะและสัญลักษณ์		ชื่อของแคอิออน
Aluminum (Al)	Al^{3+}	Aluminum
Barium (Ba)	Ba^{2+}	Barium
Bismuth (Bi)	Bi^{3+}	Bismuth
Cadmium (Cd)	Cd^{2+}	Cadmium
Calcium (Ca)	Ca^{2+}	Calcium
Copper (Cu)	Cu^{1+}	Copper (I) or cuprous
	Cu^{2+}	Copper (II) or cupric
Gold (Au)	Au^{3+}	Gold (III)
Hydrogen (H)	H^{1+}	Hydrogen
Iron (Fe)	Fe^{2+}	Iron (II) or ferrous
	Fe^{3+}	Iron (III) or ferric
Lead (Pb)	Pb^{2+}	Lead (II) or plumbous
	Pb^{4+}	Lead (IV) or plumbic
Lithium (Li)	Li^{1+}	Lithium
Magnesium (Mg)	Mg^{2+}	Magnesium
Mercury (Hg)	Hg^{1+}	Mercury (I) or mercurous
	Hg^{2+}	Mercury (II) or mercuric
Nickel (Ni)	Ni^{2+}	Nickel (II)
Potassium (K)	K^{1+}	Potassium

Silver (Ag)	Ag^{1+}	Silver
Sodium (Na)	Na^{1+}	Sodium
Strontium (Sr)	Sr^{2+}	Strontium
Tin (Sn)	Sn^{2+}	Tin (II) or stannous
	Sn^{4+}	Tin (IV) or stannic
Zinc (Zn)	Zn^{2+}	Zinc

ตาราง 5-3 อโลหะพร้อมสูตรแอนอิออนและการเรียกชื่อ

อโลหะและสัญลักษณ์		**ชื่อของแอนอิออน**
Bromine (Br)	Br^{1-}	Bromide
Chlorine (Cl)	Cl^{1-}	Chloride
Fluorine (F)	F^{1-}	Fluoride
Hydrogen (H)	H^{1-}	Hydride
Iodine (I)	I^{1-}	Iodide
Nitrogen (N)	N^{3-}	Nitride
Oxygen (O)	O^{2-}	Oxide
Phosphorus (P)	P^{3-}	Phosphide
Sulfur (S)	S^{2-}	Sulfide

ตาราง 5-4 โพลีอะตอมมิคอิออนพร้อมสูตรและการเรียกชื่อ (Polyatomic Ions and Their Formulas)-

สูตรของโพลีอะตอมมิคอิออน	**ชื่อของโพลีอะตอมมิคอิออน**
$C_2H_3O_2^{1-}$	Acetate
NH_4^{1+}	Ammonium
CO_3^{2-}	Carbonate
ClO_3^{1-}	Chlorate
CrO_4^{2-}	Chromate
CN^{1-}	Cyanide
$Cr_2O_7^{2-}$	Dichromate
HCO_3^{1-}	Hydrogen carbonate or bicarbonate

HSO_4^{1-}	Hydrogen sulfate or bisulfate
HSO_3^{1-}	Hydrogen sulfite of bisulfite
OH^{1-}	Hydroxide

สูตรของโพลีอะตอมมิคอิออน	**ชื่อของโพลีอะตอมมิคอิออน**
ClO^{1-}	Hypochlorite
NO_3^{1-}	Nitrate
NO_2^{1-}	Nitrite
ClO_4^{1-}	Perchlorate
PO_4^{3-}	Phosphate

ตัวอย่างสูตรสารประกอบโดยอาศัยข้อมูลมาจากตาราง 5-2 ถึง 5-4

1. โซเดียม (Na^{1+}) และคลอไรด์ (Cl^{1-}) คือ (Na^{1+}) มีสูตร NaCl เพราะ $1^+ + 1^- = 0$

2. เฟอริค (Fe^{3+}) และซัลไฟด์ (S^{2-}) คือ $(Fe^{3+})_2 (S^{2-})_3$ มีสูตร Fe_2S_3 เพราะ $2(3^+) + 3(2^-) = 0$

3. แอมโมเนีย (NH_4^{1+}) และซัลไฟท์ (SO_3^{2-}) คือ $(NH_4^{1+})_2 (SO_3^{2-})$ มีสูตร $(NH_4)_2SO_3$ เพราะ $2(1^+) + 2^- = 0$

5-8 ระบบชื่อทางเคมี (Systematic Chemical Names)

การเรียกชื่อสารเคมีนั้นมีการเรียกชื่อสองประเภทคือ ระบบชื่อทางเคมีและระบบชื่อทั่ว ๆ ไป (common name) ระบบชื่อทางเคมีนั้นใช้กันอยู่เสมอ ๆ แต่ระบบชื่อทั่ว ๆ ไปใช้เป็นบางสาร อาทิเช่น น้ำ (H_2O) แอมโมเนีย (NH_3)

สารประกอบอนินทรีย์เคมีมีมากมายหลายรูปแบบ ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องมีการตั้งชื่อ ในการตั้งชื่อจะต้องมีหลักเกณฑ์เพื่อสะดวกในการเรียก ฉะนั้นกลุ่มนักเคมีสังกัดของ Commission on the Nomenclature of Inorganic Chemistry of the International Union of Pure and Applied Chemistry (ชื่อย่อ IUPAC) จึงสร้างกฎเกณฑ์การเรียกชื่อสารอนินทรีย์ที่พบในขณะนั้น

การตั้งชื่อสารอนินทรีย์โดยพิจารณาจากสูตร กล่าวคือ ส่วนที่เป็นไฟฟ้าบวก ได้แก่ โลหะ อิออนบวกของโพลีอะตอมมิค (positive polyatomic ion) * อิออนไฮโดรเจน และอโลหะที่มีค่าอิเลคโตรเนกาตีฟต่ำ ๆ จะถูกเรียกและเขียนเป็นชื่อต้น ส่วนที่เป็นไฟฟ้าลบ ซึ่งได้แก่ อโลหะที่มีค่าอิเลคโตรเนกาตีฟสูง ๆ หรืออิออนลบของโพลีอะตอมมิค (negative polyatomic ion) จะเขียนและเรียกต่อท้าย

---

*คืออิออน ซึ่งประกอบไปด้วยอะตอมตั้งแต่สองอะตอมขึ้นไปและอิออนนี้อาจมีได้ทั้งประจุบวกหรือลบ

ในเรื่องของการเรียกชื่อนั้นจะแบ่งสารเคมีเป็นส่วน ๆ ดังนี้

- สารพวกไบนารี (binary compound) คือสารที่ประกอบด้วยธาตุต่างชนิดกันสองธาตุ

- ส่วนพวกเทอรนารี(ternary compound) ประกอบด้วยธาตุต่างชนิดกันสามธาตุหรือมากกว่า

- สารพวกที่มีธาตุหลายธาตุอยู่รวมกัน และธาตุพวกเทอรนารีพิเศษ

- สารพวก กรด เบสและเกลือ

5-9 สารประกอบอโลหะคู่ (Binary Compound Containing two nonmetals)

วิธีเรียกชื่อสารประกอบประเภทนี้ มักจะลงท้ายด้วยคำว่า ไอด์ (-ide) ถ้าภายในสารประกอบมีธาตุอยู่สองธาตุและจำนวนอะตอมของแต่ละธาตุมีมากกว่าหนึ่ง จะทราบได้โดยมีค่าน้ำหนักเป็นภาษากรีกบ่งไว้ตอนหน้าชื่อธาตุนั้น (ดูตาราง 5-1)

ตาราง 5-1 คำนำหน้าแสดงจำนวนในภาษากรีก

คำนำหน้ากรีก	**จำนวน**
Mono	1
Di	2
Tri	3
Tetra	4
Penta	5
Hexa	6
Hepta	7
Octa	8
Ennea หรือ nona	9
Deca	10

ตัวอย่างชื่อของสารประกอบ

สูตร	**ชื่อ**
PCl_3	Phosphorus tri chloride
SO_2	Sulfur di oxide
N_2O_4	Dinitrogen tetroxide

N_2O_5	Dinitrogen penta oxide
PCl_5	Phosphorous penta chloride

5-10 สารประกอบแบบไบนารี่ซึ่งประกอบด้วยโลหะและอโลหะ (Binary Compound containing a metal and non metal)

สารประกอบประเภทนี้ในการเขียนสูตร หรือเวลาเรียกชื่อจะต้องเขียนหรือเรียกโลหะขึ้นต้นก่อน ต่อมาจึงเป็นอโลหะ และลงท้ายด้วยคำว่า ไอด์ (-ide) สำหรับโลหะที่อยู่ในสารประกอบประเภทนี้มีความแตกต่างกันในเรื่องของค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์ ทั้งนี้เพราะโลหะบางตัวมีค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์เพียงค่าเดียวหรือกล่าวว่ามีค่าคงที่ เช่นมีค่า 1^+, 2^+, 3^+..... ชื่อของสารประกอบเหล่านี้เรียกโดยใช้ชื่อโลหะขึ้นต้นก่อน และติดตามด้วยอโลหะพร้อมทั้งลงท้ายด้วย -ide ดังตัวอย่าง

KCl	เรียก	Potassium chloride
Na_2S	เรียก	Sodium sulfide
AgBr	เรียก	Silver bromide
MgO	เรียก	Magnesium oxide
Cd_3P_2	เรียก	Cadmium phosphide
Al_2S_3	เรียก	Aluminium sulfide

โลหะบางตัวมีค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์ได้หลายอย่าง เช่น มีค่า 1^+ และ 2^+, 2^+ และ 4^+.....ได้มีการเรียกชื่อสองระบบคือ the newer stock system และระบบเก่าคือมีคำว่า -ous และ ic

ในแบบ Stock system นั้นค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์ของโลหะสังเกตได้จากเลขโรมันในวงเล็บ ส่วนแบบที่เติม -ous และ -ic นั้น สังเกตจากตอนท้ายของชื่อ สำหรับสารประกอบที่ลงท้ายด้วย -ous แสดงว่ามีค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์ต่ำ ถ้าลงท้าย ic แสดงว่ามีออกซิเดชั่นนัมเบอร์สูง เช่น

Cation	**Stock System**	**ลงท้าย -ous or ic**
Cu^{1+}	Copper (I)	Cuprous
Cu^{2+}	Copper (II)	Cupric
Fe^{2+}	Iron (II)	Ferrous
Fe^{3+}	Iron (III)	ferric

สูตร	ชื่อ
$CuCl_2$	Copper (II) chloride or Cupric Chloride
SnF_4	Tin (IV) fluoride or Stannic fluoride
CuCl	Cuprous chloride
SnF_2	Stannous fluoride
Cu_3P_2	Cupric phosphide
Fe_2O_3	Ferric oxide

5-11 สารประกอบเทอรนารี และสารประกอบโมเลกุลสูง (Ternary and Higher Compounds)

ในการเรียกชื่อและเขียนสูตรสารประกอบประเภทนี้ ก็ใช้หลักเดียวกันกับสารประกอบแบบไบนารี เว้นแต่มีอิออนโพลีอะตอมมิค ส่วนคำลงท้ายของชื่อ มี -ate และ -ite สำหรับชื่อลงท้ายด้วยคำ -ate จะมีออกซิเจนมากกว่า -ite เช่น nitrate (NO_3^{1-}) และ nitrite (NO_2^{1-}) เช่น

สูตร	ชื่อ
$Ba(NO_3)_2$	Barium nitrate
$Ba(NO_2)_2$	Barium nitrite
K_2CO_3	Potassium carbonate
CuCN	Copper (I) cyanide
	Cuprous cyanide
$Fe_2(Cr_4O)_3$	Ferric chromate
	Iron (III) chromate)
$Ca(MnO_4)_2$	Calcium permanganate
NH_4HCO_3	Ammonium bicarbonate

สารประกอบเคมีนั้นมีมากมายหลายชนิด ตัวอย่างที่ยกมาให้พิจารณานั้นเพียงสังเขป นอกจากนี้ยังมีสารประกอบแบบเทอรนารีที่มีโมเลกุลสูงมาก ๆ อาทิเช่น $NaClO_4$ (Sodium per chlorate) $Ca(BrO_4)_2$ (Calcium per Bromate) คำว่า per ที่เติมลงไปในการเรียกชื่อหมายถึงมีมาก เช่น Potassium per chlorate จะมีออกซิเจนมากกว่าคลอเรต

ในกรณีที่มีคำว่า -hypo อยู่ด้วยในชื่อของสารประกอบภาษากรีกมีความหมายว่าน้อย ฉะนั้น NaClO จึงเรียกชื่อว่า Sod. hypo chlorite และ LiIO จึงเรียกว่า Lithium hypo iodite

5-12 กรด เบส และเกลือ (Acids Bases and Salts)

กรด (Acids) เป็นสารประกอบซึ่งอิออนไฮโดรเจนถูกแทนที่ด้วยอิออนโลหะหรืออิออนบวกของโพลีอะตอมมิค ดังนั้นสารประกอบที่มีไฮโดรเจนอยู่ด้วยจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันในสภาวะที่เป็นก๊าซหรือของเหลวมากกว่าอยู่ในสภาวะเป็นสารละลายในน้ำ ดังนั้นการเรียกชื่อจึงได้แตกต่างกันไป ในสภาวะที่เป็นก๊าซหรือของเหลวเรียกชื่อไฮโดรเจนนำหน้า เช่น

HCl	เรียก	hydrogen chloride
HCN	เรียก	hydrogen cyanide
HBr	เรียก	hydrogen bromide

ถ้าสารประกอบเหล่านี้อยู่ในน้ำเรียก กรด (acids) เมื่อสารประกอบนี้เป็นสารไบนารี่ก็เติมคำว่า hydro นำหน้า และลงท้ายด้วย -ic acid เช่น เมื่อก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ในน้ำเรียก hydrochloric acid และก๊าซไฮโดรเจนไซยาไนด์ในน้ำเรียก hydrocyanic acid

กรณีที่กรดนั้นเป็นสารแบบเทอรนารี เวลาเรียกชื่อจะไม่มีคำว่า ไฮโดรเจน โดยอ่านจากอิออนโพลีอะตอมมิคแล้วลงท้ายด้วย -ic หรือ -ous acid เช่น H_3PO_4 อ่าน phosphoric acid H_3PO_3 อ่าน phosphorus acid

ตัวอย่างการเรียกชื่อสารประกอบซึ่งอยู่ในลักษณะของเหลวและก๊าซ และเมื่ออยู่ในน้ำ

สูตร	ชื่อของก๊าซหรือของเหลว	ชื่อก๊าซหรือของเหลวเมื่อละลายอยู่ในน้ำ
HCl	Hydrogen chloride	Hydrochloric acid
H_3PO_4	Hydrogen phosphate	Phosphoric acid
H_3PO_3	Hydrogen phosphite	Phosphorous acid
H_2S	Hydrogen sulfide	Hydrosulfuric acid
HI	Hydrogen iodide	Hydroiodic acid
$HC_2H_3O_2$	Hydrogen acetate	Acetic acid
$HClO_2$	Hydrogen chlorite	Chorous acid
HClO	Hydrogen hypochlorite	Hypochlorous acid
$HClO_4$	Hydrogen perchlorates	Per Chloric acid

สูตร	ชื่อของก๊าซหรือของเหลว	ชื่อก๊าซหรือของเหลวเมื่อละลายอยู่ในน้ำ
$HClO_3$	Hydrogen chlorate	Hypochloric acid
$HBrO_4$	Hydrogen perbromate	Perbromic acid

เบส (Bases) คือสารประกอบที่มีอิออนไฮดรอกไซด์ (OH^{1-}) และโลหะการเรียกชื่อสารประเภทนี้ ขึ้นต้นด้วยธาตุตัวแรกแล้วลงท้ายด้วยไอด์ (-ide) เช่น

สูตร	ชื่อ
$Ca(OH)_2$	Calcium Hydroxide
KOH	Potassium hydroxide
$Ba(OH)_2$	Barium hydroxide
$Mg(OH)_2$ *	Magnesium hydroxide
LiOH **	Lithium hydroxide

เกลือ (Salts) คือสารประกอบซึ่งเมื่ออิออนไฮโดรเจนในกรดถูกแทนที่ด้วยแคทอิออน (ได้แก่โลหะหรืออิออนลบของโพลีอะตอมมิค) หรือเมื่อแอนอิออน (ได้แก่อโลหะหรืออิออนลบของโพลีอะตอมมิค) ไปแทนที่อิออนไฮดรอกไซด์ในเบส เช่น โปแตสเซียมโบรไมด์ โซเดียม-ไนเตรดแอมโมเนียมซัลเฟต และ ฯลฯ

บางทีสารประกอบที่เป็นเกลือ อาจมีอะตอมไฮโดรเจนอยู่ตั้งแต่หนึ่งอะตอมหรือมากกว่านี้จับอยู่กับแอนอิออน เรียกสารประเภทนี้ว่า เกลือกรด (acid salts) ตัวอย่าง

สูตร	ชื่อ
NaH_2PO_4	Sodium di hydrogen phosphate
Na_2HPO_4	Di sodium hydrogen phosphate

เกลือด่าง (Hydroxy salts) สารประกอบพวกนี้ภายในโมเลกุลมีอิออนไฮดรอกไซด์ตั้งแต่หนึ่งหรือมากกว่า เวลาเรียกชื่อมีหมู่ไฮดรอกซี่อยู่ด้วย ดังนี้

---

* สารนี้มีอยู่ในยาถ่ายพวกมิลค์ออฟมักเนเซีย

** เป็นสารที่ใช้ขจัดคาร์บอนไดออกไซด์ ในยานอวกาศอะพอลโล

สูตร	ชื่อ
Ca (OH) Cl	Calcium hydroxy chloride
Mg (OH) Br	Magnesium hydroxy bromide
Pb (OH) $C_2H_3O_2$	Lead (II) hydroxyacetate

เกลือผสม (Mixed salts) เป็นเกลือซึ่งภายในโมเลกุล มีแคทอิออนที่ไม่เหมือนกันตั้งแต่สองชนิดหรือมากกว่านั้น เช่น

สูตร	ชื่อ
$KNaCO_3$	Potassium Sodium carbonate
$KMgF_3$	Potassium Magnesium fluoride
$Na_2NH_4PO_4$	Disodium ammonium phosphate

5-13 ชื่อทางการค้า (Common - Name)

ชื่อทางการค้าสำหรับสารบางตัวยังคงเรียกอยู่ ทั้งนี้เพราะชื่อทางเคมีอาจก่อความสับสนยุ่งยาก บางครั้งใช้ชื่อทางการค้าสั้นและเรียกง่ายดี เช่น เกลือแกง น้ำ กรดน้ำส้ม ชื่อทางเคมีเรียกโซเดียมคลอไรด์ ไฮโดรเจนออกไซด์และอาเซติคแอซิค ตามลำดับ