

# ปฏิกิริยาเคมี

## Chemical Reaction



June 2010



### หัวข้อ

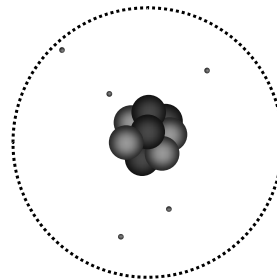
▪ สูตรโมเลกุล	5	▪ เลขออกซิเดชัน	5
▪ การเรียกชื่อสารอนินทรีย์	15	▪ ประเภทของปฏิกิริยา	5
▪ น้ำหนักโมเลกุล-น้ำหนักสูตร	10	• การดุลสมการเคมี	5
▪ โมล	5	▪ ปริมาณสารสัมพันธ์	15
▪ สูตรโมเลกุล		• สารกำหนดปริมาณ	5
• องค์ประกอบร้อยละ	10	• ผลลิตร้อยละ	5
• สูตรอย่างง่าย/สูตรโมเลกุล	15		



## อะตอม (Atoms)

- อะตอม หน่วยที่เล็กที่สุดของธาตุ ประกอบด้วย
  - นิวเคลียส ประกอบด้วยโปรตอน(P) และนิวตรอน(N)
  - อิเล็กตรอน (E) เคลื่อนที่อยู่รอบ ๆ นิวเคลียส
  - จำนวนนิวตรอน โปรตอน และอิเล็กตรอนขึ้นกับประเภทของอะตอม\*

อนุภาค	มวล	
	amu	g
อิเล็กตรอน	0.000549	$9.110 \times 10^{-28}$
โปรตอน	1.007277	$1.673 \times 10^{-24}$
นิวตรอน	1.008665	$1.675 \times 10^{-24}$



3



## อะตอม

- เลขอะตอม (atomic mass) คือจำนวนโปรตอน ใช้ระบุว่าเป็นอะตอมของธาตุใด
- เลขมวล (mass number) คือผลรวมของจำนวนโปรตอนและนิวตรอน แสดงมวลของอะตอม*อย่างหยาบๆ*
- มวลอะตอม (atomic mass) คือน้ำหนักจริงของอะตอม(เฉลี่ย)
- นิวไคลด์ (Nuclide) คือชนิดของอะตอม\*ที่กำหนดโดยจำนวน P และ N
- ไอโซโทป (Isotope) คืออะตอมของธาตุเดียวกันแต่เลขมวลต่างกัน
  - |  |
|--|
|  |
|--|

 คาร์บอน(C-12) : P=6 N=6 E=6
  - |  |
|--|
|  |
|--|

 คาร์บอน(C-13) : P=6 N=7 E=6
  - ไนโตรเจน(N-13) : P=7 N=6 E=4

} Isotope

4



## โมเลกุล (Molecules)

- โมเลกุล คือ หน่วยโครงสร้างที่เล็กที่สุดของธาตุหรือสารประกอบที่สามารถอยู่ได้โดยอิสระ และยังมีสมบัติของธาตุหรือสารประกอบนั้นๆ โดยสมบูรณ์
  - Monoatomic molecule แต่ละโมเลกุล ประกอบด้วย 1 อะตอม เช่น He , Ne , Ar , Kr
  - Diatomic molecule แต่ละโมเลกุล ประกอบด้วย 2 อะตอม เช่น H<sub>2</sub> N<sub>2</sub> HCl CO
  - Polyatomic molecule: ประกอบด้วยอะตอมตั้งแต่ 3 อะตอมขึ้นไป เช่น S<sub>8</sub>, H<sub>2</sub>O, CCl<sub>4</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>

5



## ไอออน (Ions)

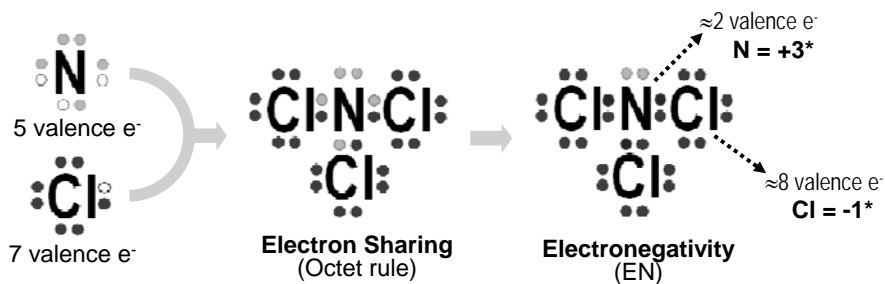
- ไอออน (Ions): อะตอมหรือกลุ่มอะตอมที่ไม่เป็นกลางทางไฟฟ้า(มีประจุ)
  - ประจุลบ (Anion): อะตอมหรือกลุ่มอะตอมที่มีอิเล็กตรอนมากกว่า โปรตอน เช่น I<sup>-</sup>, O<sup>2-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>
  - ประจุบวก (Cation): อะตอมหรือกลุ่มอะตอมที่มีโปรตอนมากกว่าอิเล็กตรอน เช่น Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>

6



## เลขออกซิเดชัน

- เลขออกซิเดชัน: ค่าประจุของอะตอมเมื่ออยู่ในสารประกอบ โดยสมมติว่ามีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนอย่างสมบูรณ์เนื่องจากค่า EN ต่างกัน



7



## การคำนวณเลขออกซิเดชัน

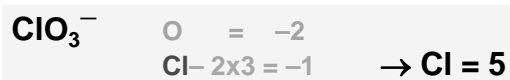
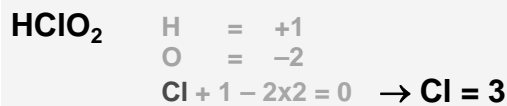
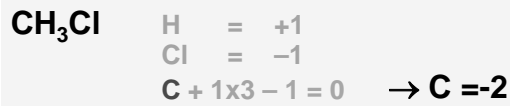
เลขออกซิเดชัน

- ธาตุอิสระ = 0
- ไอออนของอะตอมเดี่ยว = ประจุของไอออน
- สารประกอบ
  - โลหะหมู่ IA = +1 : โลหะหมู่ IIA = +2
  - H = +1 ยกเว้นถ้าเกิดพันธะกับโลหะหมู่ IA H = -1
  - O = -2 ยกเว้นในสารประกอบ peroxide (เช่น H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) O = -1
  - ธาตุหมู่ VIIA (Halogen) = -1 ยกเว้นเมื่อรวมกับ oxygen\*
  - โมเลกุลที่เป็นกลาง ผลรวมของเลขออกซิเดชันทั้งหมดเท่ากับศูนย์
  - ไอออน ผลรวมของเลขออกซิเดชันทั้งหมดเท่ากับประจุของไอออน
  - ธาตุทรานสิชันมักมีเลขออกซิเดชันหลายค่า

8



## ตัวอย่าง การหาเลขออกซิเดชัน

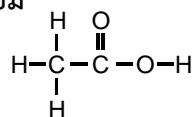


9



## สูตรเคมี (Chemical Formula)

1. สูตรโมเลกุล (Molecular formula) กลุ่มสัญลักษณ์ที่เขียนแสดงจำนวนอะตอมทั้งหมดของแต่ละธาตุที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลนั้นๆ
  - $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
2. สูตรเอมพิริกัล (Empirical formula) สูตรที่แสดงอัตราส่วนอย่างต่ำของธาตุที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุล
  - $\text{H}_2\text{O}_2$  มีสูตรเอมพิริกัล คือ HO
  - $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  มีสูตรเอมพิริกัล คือ  $\text{CH}_2\text{O}$
3. สูตรโครงสร้าง (Structural formulas) สูตรโมเลกุลแต่เขียนแสดงการเกาะเกี่ยวของอะตอม



10



## การเขียนสูตรและการเรียกชื่อ

1. ธาตุ(Element) เรียกชื่อตามตารางธาตุ
2. สารประกอบ (Compound)
  - สารประกอบโควาเลนต์(covalent)
  - สารประกอบไอออนิก(ionic)

11



## การเรียกชื่อไอออนบวก (Cations)

- 1.เรียกชื่อโลหะ(+ไอออน) ถ้ามีเลขออกซิเดชันเป็นได้มากกว่า 1 ค่า ให้ระบุค่าไว้ในวงเล็บด้วยเลขโรมัน (Stock system)

- $\text{Na}^+$  sodium ion
- $\text{Fe}^{2+}$  iron (II) ion    •  $\text{Fe}^{3+}$  iron (III) ion

หรือ เรียกชื่อตามระบบเดิมโดย

- ไอออนที่มีเลขออกซิเดชันสูงลงท้ายด้วย -ic
- ไอออนที่มีเลขออกซิเดชันต่ำลงท้ายด้วย -ous
  - $\text{Fe}^{2+}$  ferrous ion             $\text{Fe}^{3+}$  ferric (III) ion
  - $\text{Mn}^{2+}$  manganous ion     $\text{Mn}^{3+}$  manganic ion
  - $\text{Cu}^{1+}$  cuprous ion             $\text{Cu}^{2+}$  cupric ion

12



## 2 ไอออนบวกของสารประกอบไอออนิกใช้ชื่อสามัญ

- ♦  $\text{NH}_4^+$  ammonium ion
- ♦  $\text{NO}_2^+$  nitryl ion
- ♦  $\text{NO}^+$  nitrosyl ion
- ♦  $\text{H}_3\text{O}^+$  hydronium ion

13



## การเรียกชื่อไอออนลบ (Anions)

### 1. ไอออนอะตอมเดี่ยวเรียกชื่อธาตุและลงท้ายด้วย -ide

- |                               |                                 |
|-------------------------------|---------------------------------|
| ♦ $\text{C}^{4-}$ carbide ion | ♦ $\text{P}^{3-}$ Phosphide ion |
| ♦ $\text{N}^{3-}$ nitride ion | ♦ $\text{Si}^{4-}$ Silicide ion |
| ♦ $\text{F}^-$ fluoride ion   | ♦ $\text{S}^{2-}$ Sulfide ion   |
| ♦ $\text{O}^{2-}$ oxide ion   | ♦ $\text{H}^-$ hydride ion      |

### 2. ไอออนของหลายอะตอมเรียกตามชื่อสามัญ

- |                                  |   |
|----------------------------------|---|
| ♦ $\text{CN}^-$ cyanide ion      | ♦ $\text{CH}_3\text{COO}^-$ acetate ion |
| ♦ $\text{OH}^-$ hydroxide ion    | ♦ $\text{O}_2^{2-}$ peroxide ion        |
| ♦ $\text{SCN}^-$ thiocyanate ion |   |

14



### 3 ไอออนลบที่ประกอบด้วยออกซิเจนและอะตอมอื่น (Oxoanion) เรียกชื่ออะตอมตามด้วย -ate ion

- ♦  $\text{ClO}_3^-$  chlorate ion
- ♦  $\text{CO}_3^{2-}$  carbonate ion
- ♦  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$  oxalate ion
- ♦  $\text{CrO}_4^{2-}$  chromate ion
- ♦  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  dichromate ion
- ♦  $\text{PO}_4^{3-}$  phosphate ion
- ♦  $\text{SO}_4^{2-}$  sulfate ion
- ♦  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  Thiosulfate ion
- ♦  $\text{NO}_3^-$  Nitrate ion

15



### 4. Oxoanion ที่อะตอมกลางสามารถมีเลขออกซิเดชันได้หลายค่าให้ใช้ prefix/suffix (ได้แก่ *per-ate*, *-ate*, *-ite*, *hypo-ite*)

- ♦  $\text{ClO}_4^-$  perchlorate ion +7
- ♦  $\text{ClO}_3^-$  chlorate ion (most common oxyanion) +5
- ♦  $\text{ClO}_2^-$  chlorite ion +3
- ♦  $\text{ClO}^-$  hypochlorite +1

### 5. ไอออนลบที่เกิดจาก $\text{H}^+$ กับ Oxoanion ให้เติม hydrogen หรือ dihydrogen หน้าชื่อ

- ♦  $\text{CO}_3^{2-}$  carbonate ion    ♦  $\text{HCO}_3^-$  hydrogen carbonate ion
- ♦  $\text{PO}_4^{3-}$  phosphate ion    ♦  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  dihydrogen phosphate ion

16





## ไอออนลบที่พบบ่อย

charge	Formula	Name	Formula	Name
-1	H <sup>-</sup>	Hydride ion	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Acetate ion
	F <sup>-</sup>	Fluoride ion	ClO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Chlorate ion
	Cl <sup>-</sup>	Chloride ion	ClO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Perchlorate ion
	CN <sup>-</sup>	Cyanide ion	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrate ion
	OH <sup>-</sup>	Hydroxide ion	MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Permanganate ion
-2	O <sup>2-</sup>	Oxide ion	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Carbonate ion
	O <sub>2</sub> <sup>2-</sup>	Peroxide ion	CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Chromate ion
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Sulfate ion	Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup>	Dichromate ion
-3	N <sup>3-</sup>	Nitride ion	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Phosphate ion

17



## Oxoanion ที่พบบ่อย

Oxoanion	Name	Oxoanion	Name
HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Hydrogen sulfate ion	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrate ion
HSO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Hydrogen sulfite ion	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Nitrite ion
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Hydrogen Carbonate ion	C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Oxalate ion
ClO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Chlorate ion	S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Thiosulfate ion
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Carbonate ion	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Sulfate ion
CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Chromate ion	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Phosphate ion
Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup>	Dichromate ion		

18



## การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

- การเขียนสูตร ไอออนบวก + ไอออนลบ
- การเรียกชื่อ เรียกชื่อไอออนบวกนำหน้าไอออนลบ (ไม่มีคำว่าไอออน)
  - ♦ NaCl Sodium Chloride (มาจาก  $Na^+$  +  $Cl^-$ )
  - ♦  $NH_4Cl$  Ammonium Chloride
  - ♦  $Zn(NO_3)_2$  Zinc Nitrate
  - ♦  $Cu(ClO_4)_2$  Copper(II)perchlorate / Cupric perchlorate
  - ♦  $Fe(NO_3)_3$  Iron(III)nitrate หรือ Ferric nitrate
- จำนวนหมู่ของไอออนลบกำหนดโดยประจุของไอออนบวก

19



## สารประกอบโควาเลนต์

- การเรียกชื่อสารประกอบโควาเลนต์ แยกตามประเภท
1. สารประกอบทวิภาค(binary compound)
  2. กรดทวิภาค (binary acids)
  3. กรดออกซี (oxy acids)\*

20



## สารประกอบทวิภาค (Binary Compounds)

- สารประกอบของธาตุโลหะสองชนิด
- การเขียนสูตร: เขียนสัญลักษณ์ธาตุที่มีค่า EN ต่ำกว่า นำหน้า (มีข้อยกเว้นเช่น  $NH_3$  ซึ่งใช้ชื่อสามัญแทนคือ ammonia)
  - ♦ HF HCl H<sub>2</sub>O H<sub>2</sub>S
- การเรียกชื่อ: เรียกชื่อธาตุตัวแรก ตามด้วยธาตุตัวที่สองและเปลี่ยนคำลงท้ายธาตุที่สองเป็น -ide
  - ♦ HF hydrogen fluoride
  - ใช้ Prefix (mono, di, tri, tetra, penta, hexa ....) ตามความจำเป็น
    - ♦  $PCl_3$  phosphorous trichloride
    - ♦  $Cl_2O_5$  dichlorine pentaoxide

21



## การเรียกชื่อกรด

- กรดคือสารประกอบที่เมื่อละลายน้ำจะสามารถให้โปรตอน ( $H^+$ )
  - กรดทวิภาค (Binary Acids) หรือกรดไฮโดร: ประกอบด้วยอะตอมไฮโดรเจนกับอะตอมโลหะอีกชนิดหนึ่ง เขียนสูตรเป็น  $H_aX_b$
  - กรดออกซี (Oxoacids) ประกอบด้วย H, O และอะตอมโลหะอื่น สูตรทั่วไปคือ  $H_aX_bO_c$

22



## กรดทวิภาค (Binary Acids)

- การเรียกชื่อกรดทวิภาค ( $H_aX_b$  เมื่อ  $X$ =อโลหะ)
  - hydrogen ตามด้วยอะตอมอโลหะแต่ลงท้ายด้วย -ide
    - ♦ HCl hydrogen chloride
  - เมื่อกรดทวิภาคมีน้ำเป็นตัวทำละลาย(ในสภาพ สลล.กรด)  
hydro ตามด้วยอะตอมอโลหะแต่ลงท้ายด้วย -ic acid
    - ♦ HCl(aq) hydrochloric acid
    - ♦ HF(aq) hydrofluoric acid
    - ♦ H<sub>2</sub>S(aq) hydrosulfuric acid

23



## กรดออกซี\* (Oxoacids)

- การเรียกชื่อกรดออกซี ( $H_aX_bO_c$  เมื่อ  $X$ =อโลหะ )
  - เรียกอะตอมกลาง ลงท้ายด้วย -ic acid (ตัวที่พบบ่อยที่สุด)
  - ถ้าเลขออกซิเดชันของอะตอมกลางเพิ่ม(#O เพิ่ม) ใช้ per - ic
  - ถ้าเลขออกซิเดชันลด(#O ลด) เปลี่ยนเป็น -ous และ hypo-ous
- Oxo-anion (ไอออนจากกรดออกซี) เรียกตามกรดออกซี
  - เปลี่ยน -ic acid → -ate ion และ -ous acid → -ite ion

Oxoacid Name	Oxoanion Name
Hypochlorous acid ( $HClO$ )	Hypochlorite ion ( $ClO^-$ )
chlorous acid ( $HClO_2$ )	chlorite ion ( $ClO_2^-$ )
chloric acid ( $HClO_3$ )	Chlorate ion ( $ClO_3^-$ )
Perchloric acid ( $HClO_4$ )	Perchlorate ion ( $ClO_4^-$ )

Most common >>

24



## ไฮเดรต (Hydrates)

- สารประกอบเชิงซ้อนที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ เรียกชื่อสารประกอบตามด้วย prefix(mono-, di-, tri- etc.) hydrate ตามจำนวนของโมเลกุลน้ำ

- $\text{NiBr}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$     nickel(II) bromide trihydrate
- $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$     magnesium chloride hexahydrate

25



## ตัวอย่างชื่อกรดและไอออน

- |                                  |                      |                               |                      |   |                      |
|----------------------------------|----------------------|-------------------------------|----------------------|---|----------------------|
| • HBrO                           | <input type="text"/> | BrO <sup>-</sup>              | <input type="text"/> | <b>SKIP</b>                                 |                      |
| • HBrO <sub>3</sub>              | <input type="text"/> | BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | <input type="text"/> |   |                      |
| • H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | <input type="text"/> | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | <input type="text"/> | HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>               | <input type="text"/> |
| • H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> | <input type="text"/> | SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> | <input type="text"/> | HSO <sub>3</sub> <sup>-</sup>               | <input type="text"/> |
| • H <sub>3</sub> PO <sub>3</sub> | <input type="text"/> | PO <sub>3</sub> <sup>3-</sup> | <input type="text"/> | H <sub>2</sub> PO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | <input type="text"/> |
| • H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> | <input type="text"/> | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | <input type="text"/> |   |                      |
| • H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> | <input type="text"/> | CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> | <input type="text"/> | ไอออนต้องเติมคำว่า ion ด้วย                 |                      |
| • HIO                            | <input type="text"/> | IO <sup>-</sup>               | <input type="text"/> |   |                      |
| • HIO <sub>2</sub>               | <input type="text"/> | IO <sub>2</sub> <sup>-</sup>  | <input type="text"/> |   |                      |
| • HIO <sub>3</sub>               | <input type="text"/> | IO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | <input type="text"/> |   |                      |

26



## แบบฝึกหัด

เขียนสูตรหรือชื่อของสารต่อไปนี้

- $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  Ammonium sulfide
- $\text{Al}_2\text{O}_3$  Aluminium oxide
- $\text{ZnCl}_2$  Zinc chloride
- $\text{K}_2\text{CO}_3$  Potassium carbonate
- $\text{CaO}$  Calcium oxide
- $\text{ZnI}_2$  Zinc iodide
- $\text{PbO}_2$  Lead(IV) oxide
- $\text{Mn}_2\text{O}_3$  Manganese(III)oxide
- Calcium sulfate  $\text{CaSO}_4$
- Sodium cyanide  $\text{NaCN}$
- Cobalt(II) sulfate  $\text{CoSO}_4$
- Potassium hydrogen sulfide PHS
- Hydrogen phosphate  $\text{H}_2\text{PO}_4$
- Silver chloride  $\text{AgCl}$
- Cobalt(II) sulfate  $\text{CoSO}_4$
- Dinitrogen trioxide  $\text{N}_2\text{O}_3$
- Barium oxide  $\text{BaO}$
- Carbon disulfide  $\text{CS}_2$
- $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  Coppersulfate - pentahydrate
- Cobalt(II)chloride tetrahydrate  $\text{CoCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

27



## แบบฝึกหัด

### กรด

- $\text{HBr}(\text{aq})$  Hydrobromic acid
- $\text{HBrO}_3(\text{aq})$  Bromic acid
- $\text{HNO}_2(\text{aq})$  Nitrous acid
- $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})$  Carbonic acid
- Hydrosulfuric acid  $\text{H}_2\text{S}(\text{aq})$
- Carbonic acid  $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})$
- $\text{NaOBr}$  Sodium hypobromite
- Phosphorous acid  $\text{H}_3\text{PO}_3(\text{aq})$
- Perchloric acid  $\text{HClO}_4(\text{aq})$

### Oxoanion compounds

- $\text{NaNO}_3$  Sodium nitrate
- $\text{CrPO}_4$  Chromium phosphate
- $\text{CaCO}_3$  Calcium carbonate
- $\text{CuSO}_4$  Copper sulfate
- $\text{Ba}(\text{ClO}_4)_2$  Barium Chlorate
- $\text{NaHSO}_4$  Sodium bisulfate
- Sodium chlorate  $\text{NaClO}_3$
- Barium hypobromite  $\text{Ba}(\text{BrO})_2$

28



## น้ำหนักอะตอม (Atomic weight)

- น้ำหนักอะตอม คือ มวลเฉลี่ยของไอโซโทปต่างๆ ของธาตุ กำหนดโดยเทียบกับมวลของคาร์บอน-12 ( $^{12}\text{C}$ )
- การหามวลอะตอมของธาตุ
  - หน่วยที่ใช้  $\rightarrow$  atomic mass unit (amu)
  - มวลของอะตอมกำหนดโดยอ้างอิงกับ  $^{12}\text{C}$
  - กำหนดให้มวล  $^{12}\text{C}$  1 อะตอม ( $1.9927 \times 10^{-23}$ ) = 12 amu
  - 1 amu = (1/12) มวล  $^{12}\text{C}$  1 อะตอม =  $1.6606 \times 10^{-24}$  g

น.น.ของอนุภาค: Proton  $1.673 \times 10^{-24}$  g    neutron =  $1.675 \times 10^{-24}$  g

29



## มวลอะตอมเฉลี่ย (Average Atomic Mass)

- มวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุ = ค่าเฉลี่ยของมวลของทุกไอโซโทปของธาตุนั้นๆ ที่ปรากฏในธรรมชาติ
- มวลเฉลี่ยระบุอยู่ในตารางธาตุ



- Si-28 (14P + 14N)
- Si-29 (14P + 15N)
- Si-30 (14P + 16N)

Silicon (Relative Abundance)

Si-29 (28.98) 5%  
Si-30 (29.97) 3%



Si-28  
(27.98)  
92%

Atomic Mass of Si  
= 28.085508 amu

5	2.0	6	2.5	7	3.0
<b>B</b>		<b>C</b>		<b>N</b>	
Boron		Carbon		Nitrogen	
10.81		12.01		14.01	
13	1.5	14	1.8	15	2.1
<b>Al</b>		<b>Si</b>		<b>P</b>	
Aluminum		Silicon		Phosphorus	
26.98		28.09		30.97	

30



## ตัวอย่าง การหาค่ามวลเฉลี่ย

- ในธรรมชาติประกอบด้วย  $^{12}\text{C}$  98.892% และ  $^{13}\text{C}$  1.108% โดยมวลของแต่ละไอโซโทปเท่ากับ 12.0000 amu และ 13.00335 amu ตามลำดับ จงหามวลอะตอมเฉลี่ยของคาร์บอน

- มวลอะตอมเฉลี่ย C

$$= \left( \frac{98.892}{100} \times 12.0000 \text{ amu} \right) + \left( \frac{1.108}{100} \times 13.00335 \text{ amu} \right)$$

$$= 12.011 \text{ amu}$$

31



## น้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight)

- น้ำหนักโมเลกุล (MW) คือ น้ำหนักรวมของทุกอะตอม ในโมเลกุล มีหน่วยเป็น amu หรือ g/mol

อาจเรียกว่าน้ำหนักสูตร (Formula Weight)  $\rightarrow$  อะตอม  
โมเลกุล  
ไอออน

- ตัวอย่าง จงคำนวณน้ำหนักโมเลกุลของ  $\text{H}_2\text{SO}_4$   
(น้ำหนักอะตอม: H = 1.01 amu, S = 32.06 amu, O = 16.00 amu)

- $\text{H}_2\text{SO}_4$  ประกอบด้วย H 2 อะตอม, S 1 อะตอม, O 4 อะตอม
- น้ำหนักโมเลกุลของ  $\text{H}_2\text{SO}_4 = (1.01 \times 2) + (32.06 \times 1) + (16.00 \times 4)$

$$= 98.08 \text{ amu}$$

32





## โมล(Mole)

- โมล(Mole, mol): หน่วยของปริมาณสารที่บอกจำนวนอนุภาค (อะตอม, โมเลกุล, ไอออน)

- สาร 1 โมล มีจำนวนอนุภาค =  $6.02 \times 10^{23}$  อนุภาคและมีน้ำหนักเท่ากับน้ำหนักสูตรของสารนั้นในหน่วยกรัม
- Avogadro's number ( $N_A$ ) =  $6.02 \times 10^{23}$  อนุภาค/โมล

- MW ของ  $H_2SO_4 = 98.08 \text{ amu}$  หรือ  $98.08 \text{ g/mol}$ 
  - $H_2SO_4$  1 โมลหนัก  $98.08 \text{ g}$  และมีจำนวน  $6.02 \times 10^{23}$  โมเลกุล

โมลใช้เพื่อแปลงระหว่าง น้ำหนัก และ จำนวนอนุภาค

37



## น้ำหนักสูตร(โมล-กรัม-อนุภาค)

- |             |           |                         |         |
|-------------|-----------|-------------------------|---------|
| ▪ $^{12}C$  | 1 อะตอม   | = 12.000                | amu     |
|             | 1 โมล     | = 12.000                | กรัม    |
|             |           | = $6.02 \times 10^{23}$ | อะตอม   |
| ▪ O         | 1 อะตอม   | = 15.9998               | amu     |
|             | 1 โมล     | = 15.9998               | กรัม    |
|             |           | = $6.02 \times 10^{23}$ | อะตอม   |
| ▪ $H_2SO_4$ | 1 โมเลกุล | = 98.08                 | amu     |
|             | 1 โมล     | = 98.08                 | กรัม    |
|             |           | = $6.02 \times 10^{23}$ | โมเลกุล |
| ▪ $H^+$     | 1 โมล     | = $6.02 \times 10^{23}$ | ไอออน   |

38



## ตัวอย่าง

- $^{16}\text{O}$  แต่ละอะตอมมีมวล  $2.6560 \times 10^{-23}$  g  
มวลอะตอมของ  $^{16}\text{O} = \frac{2.6560 \times 10^{-23}}{1.66 \times 10^{-24}} = 16.00$  amu

สารที่มีจำนวนโมลเท่ากันจะมีจำนวนอนุภาคเท่ากัน

- คำถาม O 1.0 g จะมีจำนวนอะตอมเท่ากับ Li หนักกี่กรัม

oxygen 8 O 15.999
----------------------------

lithium 3 Li 6.941
-----------------------------

O หนัก 15.999 g มี#อะตอมเท่า Li หนัก 6.941 g

O หนัก 1.0 g มี#อะตอมเท่า Li หนัก

0.434 g

- คำถาม Na 5g มีจำนวนอะตอมมากกว่าหรือน้อยกว่า N 5g

sodium 11 Na 22.990
------------------------------

nitrogen 7 N 14.007
------------------------------

Na หนัก 22.990 g มี#อะตอมเท่า N หนัก 14.007 g

Na หนัก 5.0 g มี#อะตอมเท่า N หนัก

3.046 g

39



## โมลโมเลกุล

- โมเลกุล 1 โมลมีจำนวนโมเลกุล =  $6.02 \times 10^{23}$  โมเลกุล  
มีน้ำหนัก = น้ำหนักโมเลกุลของสารนั้น (กรัม)
- ♦  $\text{H}_2\text{O}$  1 โมล มีจำนวนโมเลกุล =  $6.02 \times 10^{23}$  โมเลกุล  
มีน้ำหนัก =  $(1.0 \times 2) + 16.0 = 18.0$  g
- ♦  $\text{CH}_3\text{OH}$  1 โมล มีจำนวนโมเลกุล  $6.02 \times 10^{23}$  โมเลกุล  
มีน้ำหนัก =  $12.0 + (1.0 \times 4) + 16.0 = 32.0$  g
- ♦  $\text{NH}_3$  3 โมล มีจำนวนโมเลกุล  $3 \times 6.02 \times 10^{23}$  โมเลกุล  
มีน้ำหนัก =  $3 \times (1.0 \times 3 + 14.0) = 51.0$  g

40



## สรุปเรื่องโมล

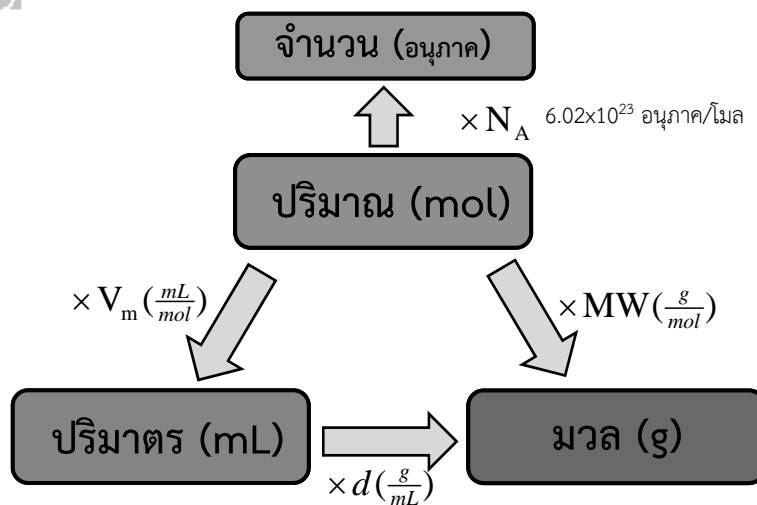
- โมลคือหน่วยที่ใช้บอกปริมาณสารซึ่งเชื่อมโยงถึงจำนวนอนุภาค (อะตอม โมเลกุล หรือ ไอออน)
  - จำนวนโมลเท่ากัน คือ จำนวนอนุภาคเท่ากัน
  - จำนวนอนุภาคเท่ากัน น้ำหนักไม่จำเป็นต้องเท่ากัน
  - ในสมการเคมีจะใช้จำนวนโมลเป็นหลัก



41



## การแปลงปริมาณสาร



42



### ตัวอย่าง

- จำนวนอะตอม O ใน  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  0.25 mol
  - $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  1 โมล มี O 6 โมล
  - $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  0.25 โมล มี O  $(6 \times 0.25)/1$  โมล  
= 1.5 โมล
  - 1 โมลของ O มี  $6.02 \times 10^{23}$  อะตอม
  - 1.5 โมลของ O มี  $6.02 \times 10^{23} \times 1.5$  อะตอม  
=  $9.03 \times 10^{23}$  อะตอม

43



### ตัวอย่าง

- จำนวนอะตอม N ใน  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  35 g
  - MW ของ  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 = 40.08 + 14.01 \times 2 + 16.00 \times 6$   
= 164.09 g/mol
  - $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  35 g เท่ากับ  $35/164.09 = 0.213$  โมล
  - $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  1 โมล มี N 2 โมล
  - $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  0.213 โมล มี N  $(2 \times 0.213)/1$  โมล  
= 0.426 โมล
  - N 1 โมลเท่ากับ  $6.02 \times 10^{23}$  อะตอม
  - 0.426 โมลของ N เท่ากับ  $6.02 \times 10^{23} \times 0.426$  อะตอม  
=  $2.56 \times 10^{23}$  อะตอม

44



## ตัวอย่าง

- จำนวนโมล จำนวนอะตอม และน้ำหนักของอะตอม ออกซิเจนใน sodium carbonate ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 1.50 mol
  - $\text{Na}_2\text{CO}_3$  1 mol ประกอบด้วย O 3 mol
  - $\text{Na}_2\text{CO}_3$  1.5 mol ประกอบด้วย O  $3 \times 1.5 \text{ mol} = 4.5 \text{ mol}$
  - O 4.5 โมล มีจำนวนอะตอมเท่ากับ  $4.5 \times 6.02 \times 10^{23}$  อะตอม  
มีน้ำหนักเท่ากับ  $4.5 \times 16.00 \text{ g}$

45



## การคำนวณโมล — กรัม

- จำนวนโมลของสารหาได้โดย

$$\text{จำนวนโมล} = \frac{\text{น้ำหนักสาร(กรัม)}}{\text{น้ำหนักสูตร}}$$

- ตัวอย่าง จงหาจำนวนโมลของ  $\text{NaHCO}_3$  508 กรัม  
(น้ำหนักอะตอม : C = 12.0, H = 1.0, O = 16.0, Na =

46



## การคำนวณโมลของแก๊ส

- หลักของอโวกาโดร: ภายใต้ความดันและอุณหภูมิคงที่ แก๊สที่มีปริมาตรเท่ากัน จะมีจำนวนอนุภาคเท่ากัน
- แก๊ส 1 โมล มีปริมาตร = 22.413 ลิตร ที่ STP (standard temperature pressure = ความดัน 1 atm อุณหภูมิ 273.15 K)
- ตัวอย่าง แก๊สอะเซทิลีน ( $C_2H_2$ ) 1.3 กรัม มีปริมาตรกี่ลิตรที่ STP (น้ำหนักอะตอม : C = 12.0, H = 1.0)

47



## องค์ประกอบเป็นร้อยละ

- ปริมาณของแต่ละธาตุในสารประกอบโดยระบุเป็นร้อยละ (%) โดยน้ำหนัก

$$\% \text{ของธาตุในสารประกอบ} = \frac{\text{น้ำหนักของธาตุในสาร(กรัม)}}{\text{น้ำหนักของสารประกอบ 1mol}} \times 100\%$$

- ตัวอย่าง คำนวณหาค่าองค์ประกอบร้อยละของ  $C_{12}H_{22}O_{11}$

48



## สูตรเอมพิริกัลและสูตรโมเลกุล

- สิ่งที่ต้องทราบในการหาสูตรโมเลกุล
  - ธาตุที่เป็นองค์ประกอบ
  - อัตราส่วนโดยน้ำหนักของธาตุทั้งหมด
  - น้ำหนักอะตอมของแต่ละธาตุ และ น้ำหนักสูตรโมเลกุล
- การหาสูตรเอมพิริกัล
  - เปลี่ยนมวลของแต่ละธาตุเป็นโมล
  - หาอัตราส่วนจำนวนโมลอย่างต่ำ

$$\begin{aligned}\text{สูตรโมเลกุล} &= (\text{สูตรเอมพิริกัล})_n \\ \text{น้ำหนักสูตรโมเลกุล} &= (\text{น้ำหนักสูตรเอมพิริกัล}) \times n \\ (n &= 1, 2, 3\dots)\end{aligned}$$

49



## การหาสูตรอย่างง่าย/สูตรโมเลกุล

- โจทย์ให้ข้อมูล %องค์ประกอบ และน้ำหนักโมเลกุล
  - สมมติมีสาร 100 g
    - ♦ หาน้ำหนักของแต่ละธาตุในสาร 100 g
    - ♦ แปลงองค์ประกอบแต่ละชนิดให้เป็นโมล
    - ♦ หาอัตราส่วนอย่างต่ำ (ได้สูตรอย่างง่าย)
    - ♦ เทียบน้ำหนักสูตรอย่างง่ายกับ MW เพื่อหาสูตรโมเลกุล
  - สมมติมีสาร 1 โมล
    - ♦ หาน้ำหนักของแต่ละธาตุในสาร 1 โมล
    - ♦ แปลงองค์ประกอบของแต่ละธาตุให้เป็นโมล (ได้สูตรโมเลกุล)

50



### ตัวอย่าง การหาสูตรเอมพิริกัล

จากการวิเคราะห์สารชนิดหนึ่งพบ P 43.64% และ O 56.36 % โดย MW เท่ากับ 283.88 g/mol จงหาสูตรอย่างง่าย

▪ สาร 100 กรัม จะมี P 43.64 กรัม และ O 56.36 กรัม

- จำนวนโมลของ P =  $43.64 \text{ g} \div 31.0 \text{ g/mol} = 1.41 \text{ mol}$
- จำนวนโมลของ O =  $56.36 \text{ g} \div 16.0 \text{ g/mol} = 3.52 \text{ mol}$
- อัตราส่วน#โมล P : O = 1.41 : 3.52
- อัตราส่วน#โมล P : O อย่างต่ำ = 1 : 2.49  $\approx$  1:2.5
- ทำเป็นจำนวนเต็ม P:O = 2 : 5

สูตรเอมพิริกัลคือ  $\text{P}_2\text{O}_5$

หารด้วยจำนวนที่น้อยที่สุด (1.41)

คูณด้วยจำนวนเต็ม (x2)

51



### ตัวอย่าง การหาสูตรโมเลกุลจากสูตรเอมพิริกัล

จากการวิเคราะห์สารชนิดมี สูตรเอมพิริกัลเป็น  $\text{P}_2\text{O}_5$  และมีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 283.88 g/mol จงหาสูตรโมเลกุล

▪ เปรียบเทียบน้ำหนักสูตรเอมพิริกัลและน้ำหนักสูตรโมเลกุล

- นน.สูตรเอมพิริกัล =  $(2 \times 31) + (5 \times 16) = 142 \text{ g/mol}$
- นน.สูตรของสารจริง = 283.88 g/mol

▪ สูตรโมเลกุล = (สูตรเอมพิริกัล)<sub>n</sub>

- $\text{MW}(283.88 \text{ g/mol}) = \text{นน.สูตรเอมพิริกัล}(142 \text{ g/mol}) \times n$
- $n = 283.88/142 = 1.999 = 2$

สูตรโมเลกุล =  $(\text{P}_2\text{O}_5)_2 = \text{P}_4\text{O}_{10}$

52

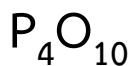




## ตัวอย่าง การหาสูตรโมเลกุลจาก % โดยน้ำหนัก

จากการวิเคราะห์สารชนิดหนึ่งพบ P 43.64% และ O 56.36 % โดย MW เท่ากับ 283.88 g/mol จงหาสูตรโมเลกุล

- สาร 1 โมลหนัก 283.88 g จะมี
  - P =  $(43.64 \times 283.88) / 100 = 123.89$  g
  - O =  $(56.36 \times 283.88) / 100 = 159.99$  g
- เปลี่ยนให้เป็นจำนวนโมล
  - P =  $123.89 / 30.97 = 4.00$  mol
  - O =  $159.99 / 16.00 = 10.00$  mol
- สาร 1 โมลมี P 4 mol และ O 10 mol ดังนั้นสูตรโมเลกุลคือ



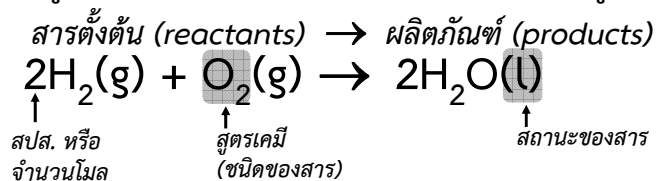
53



## สมการเคมี (Chemical Equations)

สมการเคมี คือสมการที่ใช้เขียนแสดงปฏิกิริยาเคมี บอกให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงจากสารตั้งต้นเป็นสารผลิตภัณฑ์

- แสดงจำนวนโมลของสารที่ดุลกันระหว่างสารตั้งต้น (Reactant) และผลิตภัณฑ์ (Product)
- แสดงปฏิกิริยา และสถานะของสาร (s, l, g, aq)
- จำนวนอะตอมของธาตุแต่ละชนิดในทั้ง 2 ด้านต้องเท่ากัน
- เลขที่อยู่หน้าตัวอักษรคือสัมประสิทธิ์ไม่ใช่ส่วนหนึ่งของสูตรเคมี

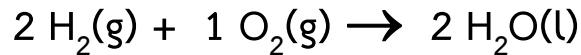


54



## ความหมายของสมการเคมี

- บอกอัตราส่วนโดยโมลระหว่างสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์แต่ละตัว



- แก๊สไฮโดรเจน 2 ส่วน จะทำปฏิกิริยาพอดีกับแก๊สออกซิเจน 1 ส่วน และจะเกิดน้ำ 2 ส่วน (โดยโมล)
  - ปฏิกิริยาไม่ได้บอกว่ามีสารตั้งต้นหรือผลิตภัณฑ์เท่าใด (ต้องระบุหรือคำนวณเพิ่มเติม)
- ข้อควรระวัง
  - 2N และ N<sub>2</sub> ไม่เหมือนกัน (เลขที่อยู่หน้าตัวอักษรไม่ใช่ส่วนหนึ่งของสูตร)
  - CH<sub>3</sub>COOH และ C<sub>2</sub>O<sub>2</sub>H<sub>4</sub> เป็นตัวเดียวกัน เว้นแต่ระบุว่าเป็นคนละตัว

55



## ประเภทของสมการเคมี

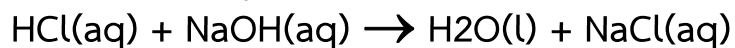
- สมการแบบโมเลกุล
  - เป็นการเขียนแบบทั่วไป แสดงสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยา เช่น
$$\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$$
- สมการไอออนิก
  - ใช้กับปฏิกิริยาที่มีสารประกอบไอออนิก (เช่น กรด เบส เกลือ)
  - ในสารละลายน้ำ(aq) สารประกอบไอออนิกที่เป็น กรดแก่ เบสแก่ และ เกลือที่ละลายน้ำ จะแตกตัวเป็นไอออน 100% ให้เขียนแยกเป็นไอออนบวก/ลบ
  - เขียนเฉพาะไอออนและโมเลกุลที่มีส่วนในปฏิกิริยาเคมีเท่านั้น เช่น
$$\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l})$$

56



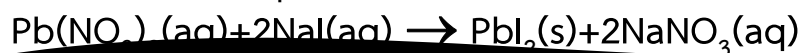
## การเขียนสมการไอออนิก

- สมการแบบโมเลกุล



- สมการไอออนิก

- สมการแบบโมเลกุล



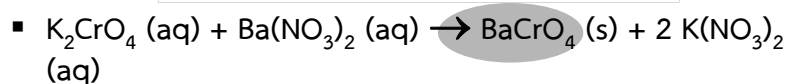
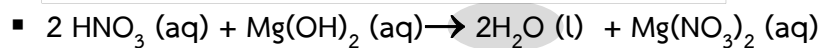
- สมการไอออนิก

57



## ตัวอย่าง การเขียนสมการไอออนิก

จงเขียนสมการไอออนิกสุทธิของปฏิกิริยาต่อไปนี้



58



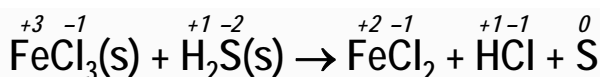
## ประเภทของปฏิกิริยาเคมี

1. Non-redox Reaction : ปฏิกิริยาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลข oxidation ของสารในปฏิกิริยาเช่น ปฏิกิริยากรด - เบส
  - $\text{NaOH(aq)} + \text{HCl(aq)} \rightarrow \text{NaCl(aq)} + \text{H}_2\text{O(aq)}$
2. Redox Reaction : ปฏิกิริยาที่มีการเปลี่ยนแปลงเลข oxidation ได้แก่ ปฏิกิริยา oxidation- reduction
  - Oxidation Rxn: ปฏิกิริยาที่เพิ่มเลข oxidation (ให้อิเล็กตรอน)
  - Reduction Rxn: ปฏิกิริยาที่ลดเลข oxidation (รับอิเล็กตรอน)
  - Disproportionation Rxn: ปฏิกิริยาที่มีสารตัวใดตัวหนึ่งที่ถูก oxidized และ reduced

59



## ปฏิกิริยารีดอกซ์

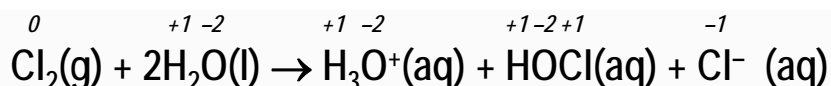


### Oxidation Reaction

- ตัวรีดิวซ์ เกิด oxidation มีเลข oxidation เพิ่มขึ้น ( $\text{S}^{-2}$ )

### Reduction Reaction

- ตัวออกซิไดส์ เกิด reduction มีเลข oxidation ลดลง ( $\text{Fe}^{3+}$ )



### Disproportionation Reaction

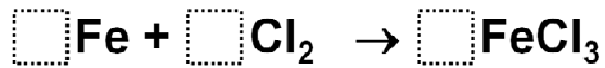
- สารตัวเดียวทำหน้าที่เป็นทั้งตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์  
(Cl เปลี่ยนเลขออกซิเดชัน  $0 \rightarrow +1, -1$ )

60



## การดุลสมการเคมีอย่างง่าย

การดุลสมการทำได้โดยเติมสัมประสิทธิ์เพื่อให้จำนวนอะตอมแต่ละชนิดของสองฝั่ง(สารตั้งต้น และ ผลิตภัณฑ์)เท่ากัน

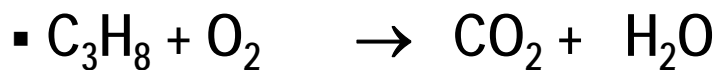


1. เริ่มดุลจากโมเลกุลที่ประกอบด้วยธาตุมากที่สุด
2. ดุลโลหะ
3. ดุลอโลหะ (ยกเว้น H และ O)
4. ดุล H และ O
5. ตรวจสอบจำนวนทุกธาตุในสมการ
6. ทำซ้ำถ้าจำเป็น

61



## ตัวอย่าง การดุลสมการเคมี

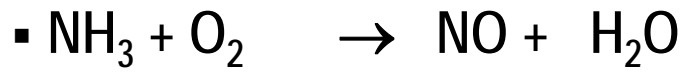


$\text{C}_3\text{H}_8 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	C: 3 $\rightarrow$ 1

62



ตัวอย่าง การดุลสมการเคมี

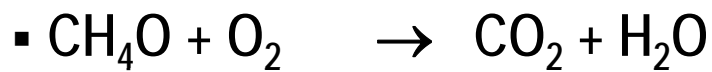


$\text{NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$	H: 3 $\rightarrow$ 2

63



ตัวอย่าง การดุลสมการเคมี

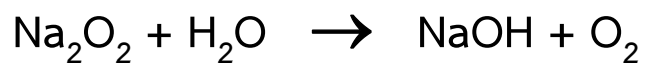


$\text{CH}_4\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	H: 4 $\rightarrow$ 2

64



### ตัวอย่าง



$\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + \text{O}_2$	Na: 2 $\rightarrow$ 1

65



### ตัวอย่าง การดุลสมการเคมีที่ซับซ้อน



♦ For H:  $a=2c$

♦ For N:  $a=b$

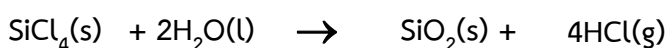
♦ For O:  $3a=2b+c+2d \rightarrow d=a/4$

66



## ปริมาณสารสัมพันธ์

สมการเคมีที่ดุลบอกให้ทราบความสัมพันธ์เชิงปริมาณของสารที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยา (ปริมาณสารตั้งต้นที่ทำปฏิกิริยากันพอดี)



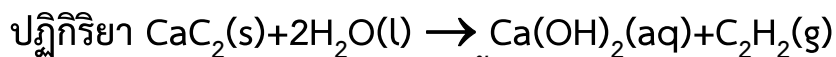
โมเลกุล	1	2	1	4
โมล	1	2	1	4
จำนวนอนุภาค	$6.02 \times 10^{23}$	$2 \times 6.02 \times 10^{23}$	$6.02 \times 10^{23}$	$4 \times 6.02 \times 10^{23}$
ปริมาตร (STP)	-	-	-	$4 \times 22.4 \text{ L}$

ใช้หาปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นหรือสารตั้งต้นที่ทำปฏิกิริยา

67



## ตัวอย่าง ปริมาณสารสัมพันธ์



ถ้าใช้  $\text{CaC}_2$  4.5 โมล ทำปฏิกิริยากับน้ำที่ปริมาตรมากเกินไปพอ

- ได้  $\text{C}_2\text{H}_2$  เกิดขึ้นกี่โมลและกี่กรัม
- ได้  $\text{C}_2\text{H}_2$  กี่ลิตรที่ STP
- น้ำทำปฏิกิริยาไปกี่โมลและกี่กรัม

68





### ตัวอย่าง (ต่อ)

ก.  $\text{CaC}_2$  1 mol เกิด  $\text{C}_2\text{H}_2$  1 mol

$$\text{CaC}_2 \text{ 4.5 mol เกิด } \text{C}_2\text{H}_2 \text{ (4.5} \times \text{1)/1 mol} \\ = 4.5 \text{ mol}$$

น้ำหนัก(กรัม) = จำนวนโมล  $\times$  น้ำหนักโมเลกุล

$$\text{น้ำหนักโมเลกุล } \text{C}_2\text{H}_2 = (12.0 \times 2) + (1.0 \times 2) = 26 \text{ g/mol}$$

$$\text{น้ำหนัก } \text{C}_2\text{H}_2 \\ = 4.5 \text{ mol} \times 26 \text{ g/mol} \\ = 117 \text{ g}$$

69



### ตัวอย่าง(ต่อ)

ข. จากข้อ ก เกิด  $\text{C}_2\text{H}_2$  4.5 mol

และแก๊ส 1 mol ที่ STP มีปริมาตร 22.4 L

$$\text{ดังนั้น เกิด } \text{C}_2\text{H}_2 \quad 4.5 \text{ mol} \times 22.4 \text{ mol/L} \\ = 100.8 \text{ L}$$

ค.  $\text{CaC}_2$  1 mol เกิดปฏิกิริยากับน้ำ 2 mol

$\text{CaC}_2$  4.5 mol เกิดปฏิกิริยากับน้ำ

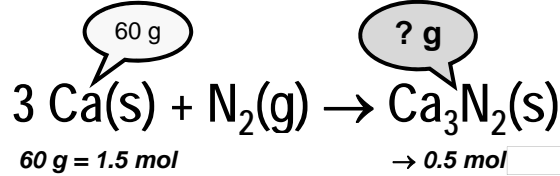
$$(2 \times 4.5)/1 = 9.0 \text{ mol}$$

$$\text{น้ำ } 9.0 \text{ mol มีน้ำหนัก } 9.0 \times \text{MW}(\text{H}_2\text{O}) = 9.0 \times 18.0 \text{ g} \\ = 162 \text{ g}$$

70



## ตัวอย่าง



- สมการเคมี\* บอกความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมลของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์
  - พิจารณาจำนวนโมลเป็นหลัก
  - แปรงน้ำหนัก/ปริมาตร เป็นโมล
  - เทียบอัตราส่วนตามความสัมพันธ์ในสมการ (เทียบสัมประสิทธิ์)
  - แปรงจำนวนโมลกลับเป็นน้ำหนักหรือปริมาตรตามต้องการ

71



## แบบฝึกหัด ปริมาณสารสัมพันธ์

- $\text{TiCl}_4(\text{l}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow \text{TiO}_2(\text{s}) + 4\text{HCl}(\text{g})$   
 ถ้าใช้  $\text{TiCl}_4$  4.5 โมล ทำปฏิกิริยากับน้ำที่มีปริมาณมากเกินไป
  - ได้  $\text{TiO}_2$  เกิดขึ้นกี่โมลและกี่กรัม
  - ได้  $\text{HCl}$  กี่ลิตรที่ STP
  - น้ำทำปฏิกิริยาไปกี่โมลและกี่กรัม
- ▶  $\text{TiCl}_4$  4.5 โมล จะเกิด  $\text{TiO}_2$  4.5 โมล =  $4.5 \text{ mol} \times 80 \text{ g/mol} = 360 \text{ g}$
- ▶  $\text{TiCl}_4$  4.5 โมล จะเกิด  $\text{HCl}(\text{g})$   $4.5 \times 4 \text{ mol} = 18.0 \text{ mol}$   
 = 403.2 L ที่ STP
- ▶  $\text{TiCl}_4$  4.5 โมล จะทำปฏิกิริยากับ  $\text{H}_2\text{O}$   $4.5 \times 2 \text{ mol} = 9.0 \text{ mol}$   
 $\text{H}_2\text{O}$  9.0 โมล เท่ากับ  $9.0 \text{ mol} \times 18 \text{ g/mol} = 162.0 \text{ g}$

72



- ปฏิกิริยา  $\text{Fe(s)} + \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4\text{(s)} + \text{H}_2\text{(g)}$
- จะเกิด  $\text{H}_2$  กี่โมลเมื่อ  $\text{Fe}$  42.7 g ทำปฏิกิริยากับน้ำ
  - ถ้าใช้  $\text{Fe}$  63.5 g ต้องใช้น้ำกี่กรัม
  - หากเกิดปฏิกิริยาได้  $\text{H}_2$  7.36 โมลจะได้  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  กี่กรัม

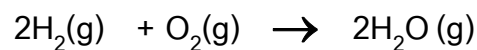
73



### สารกำหนดปริมาณ (Limiting Reactant)

สารกำหนดปริมาณ คือ สารตั้งต้นตัวที่หมดก่อนจะทำให้ปฏิกิริยาเคมีสิ้นสุดและเป็นตัวที่กำหนดว่าจะเกิดสารผลิตภัณฑ์เท่าใด

- ผลิตภัณฑ์ดูจากสารกำหนดปริมาณ
- สารตั้งต้นที่ไม่ใช่สารกำหนดปริมาณจะเหลือ ไม่ทำปฏิกิริยาต่อ



อัตราส่วนโดยโมล	2	1		2
ถ้าเริ่มต้นมี	10 โมล	7 โมล		0 โมล
จะเกิดปฏิกิริยา	10 โมล	5 โมล	ได้	10 โมล
สิ้นสุดปฏิกิริยาเหลือ	0 โมล	2 โมล		10 โมล

เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาจะมี  $\text{O}_2$  เหลือสารกำหนดปริมาณ คือ  $\text{H}_2$

75



## วิธีหาสารกำหนดปริมาณ

การหาสารกำหนดปริมาณต้องทราบ สมการเคมี และ จำนวนโมล ของสารตั้งต้นแต่ละตัว (ต้องให้มาเพิ่ม)

### วิธีที่ 1

1. หาจำนวนโมลของผลผลิต(เลือกเพียงตัวเดียว) จากจำนวนโมลของสารตั้งต้นแต่ละตัว (หาแยกกัน)
2. สารตั้งต้นตัวที่ให้ผลผลิตน้อยสุดคือ สารกำหนดปริมาณ

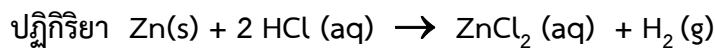
### วิธีที่ 2

1. เอาจำนวนโมลของสารตั้งต้นแต่ละตัวหารด้วย สปส.ที่อยู่หน้าสารนั้น ๆ
2. สารตั้งต้นตัวที่มีผลหารน้อยสุดคือ สารกำหนดปริมาณ

76



## ตัวอย่าง การหาสารกำหนดปริมาณ



ถ้ามี Zn 30 กรัม ทำปฏิกิริยากับ HCl 30 กรัม

$$\text{Zn } 30 \text{ กรัม} = 0.46 \text{ โมล} \quad \text{HCl } 30 \text{ กรัม} = 0.82 \text{ โมล}$$

วิธี 1 (ดูผลิตภัณฑ์ที่ได้)

- Zn 1 โมล ได้  $\text{ZnCl}_2$  1 โมล  
มี Zn 0.46 โมล จะได้  $\text{ZnCl}_2$  0.46 โมล
- HCl 2 โมล ได้  $\text{ZnCl}_2$  1 โมล  
มี HCl 0.82 โมล จะได้  $\text{ZnCl}_2$  0.41 โมล

HCl ให้ผลิตภัณฑ์น้อยกว่า ดังนั้นหมดก่อน

สารกำหนดปริมาณคือ HCl

วิธี 2 (ดูจำนวนโมล/สปส.)

- Zn  $0.46/1 = 0.46$
- HCl  $0.82/2 = 0.41$

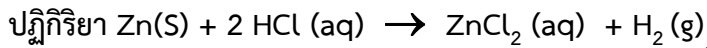
HCl มีอัตราส่วนน้อยกว่า ดังนั้นหมดก่อน

สารกำหนดปริมาณคือ HCl

77



### ตัวอย่าง การคำนวณสารกำหนดปริมาณ



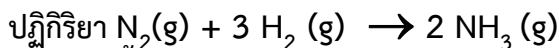
ถ้ามี Zn 0.46 โมล ทำปฏิกิริยากับ HCl 0.82 โมล เหลือสารตั้งต้นตัวใด และได้ผลิตภัณฑ์อย่างละเท่าใด

- หากทราบแล้วว่าสารกำหนดปริมาณคือ HCl (ข้อที่แล้ว)
- HCl 2 โมล ทำปฏิกิริยากับ Zn 1 โมล <sup>(1/2)</sup> เหลือ Zn = 0.05 mol (3.1 g)  
มี HCl 0.82 โมลจะใช้ Zn =  $0.82 \times (1/2) = 0.41$  โมล = 26.91 g
- HCl 2 โมล ได้ ZnCl<sub>2</sub> 1 โมล <sup>(1/2)</sup>  
มี HCl 0.82 โมลจะได้ ZnCl<sub>2</sub> =  $0.82 \times (1/2) = 0.41$  โมล = 56.08g
- HCl 2 โมล ได้ H<sub>2</sub> 1 โมล <sup>(1/2)</sup>  
มี HCl 0.82 โมลจะได้ H<sub>2</sub> =  $0.82 \times (1/2) = 0.41$  โมล = 0.83 g

78



### ตัวอย่าง การคำนวณสารกำหนดปริมาณ



เหลือสารตั้งต้นตัวใด และได้ผลิตภัณฑ์อย่างละเท่าใด

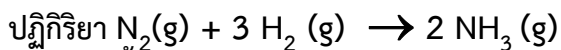
ถ้ามี N<sub>2</sub> 20 g ทำปฏิกิริยากับ H<sub>2</sub> 15 g

- จำนวนโมล N<sub>2</sub> 20 g = 0.71 mol H<sub>2</sub> 15 g = 7.44 mol
- จำนวนโมล/สปส. N<sub>2</sub> = 0.71/1 = 0.71; H<sub>2</sub> = 7.44/3 = 2.48  
N<sub>2</sub> เป็นสารกำหนดปริมาณ
- N<sub>2</sub> 1 โมล ทำปฏิกิริยากับ H<sub>2</sub> 3 โมล <sup>(3/1)</sup>  
มี N<sub>2</sub> 0.71 โมลจะใช้ H<sub>2</sub> =  $0.71 \times (3/1) = 2.14$  โมล = 4.3177 g
- N<sub>2</sub> 1 โมล ได้ NH<sub>3</sub> 2 โมล <sup>(2/1)</sup>  
มี N<sub>2</sub> 0.71 โมลจะได้ NH<sub>3</sub> =  $0.71 \times (2/1) = 1.43$  โมล = 24.32 g

79



## ตัวอย่าง การคำนวณสารกำหนดปริมาณ



เพื่อสารตั้งต้นตัวใดและได้ผลิตภัณฑ์อย่างละเท่าใด

ถ้ามี  $\text{N}_2$  30 g ทำปฏิกิริยากับ  $\text{H}_2$  5 g

- จำนวนโมล  $\text{N}_2$  30 g = 1.07 mol  $\text{H}_2$  5 g = 2.48 mol

- จำนวนโมล/สปส.  $\text{N}_2 = 1.07/1 = 1.07$   $\text{H}_2 = 2.48/3 = 0.83$   
 $\text{H}_2$  เป็นสารกำหนดปริมาณ

- $\text{H}_2$  3 โมล ทำปฏิกิริยากับ  $\text{N}_2$  1 โมล (1/3) เหลือ  $\text{N}_2 = 0.24 \text{ mol}$  (6.8 g)  
 มี  $\text{H}_2$  2.48 โมลจะใช้  $\text{N}_2 = 2.48 \times (1/3) = 0.83$  โมล = 23.16 g

- $\text{H}_2$  3 โมล ได้  $\text{NH}_3$  2 โมล (2/3)  
 มี  $\text{H}_2$  2.48 โมลจะได้  $\text{NH}_3 = 2.48 \times (2/3) = 1.65$  โมล = 28.16 g

80



## ผลผลิตตามทฤษฎี ผลผลิตจริง และผลผลิตร้อยละ

ผลผลิตตามทฤษฎี (Theoretical yield)

: ผลผลิตที่มีมากที่สุด ที่เกิดจากปฏิกิริยาที่สมบูรณ์

ผลผลิตจริง (Experimental yield)

: ผลผลิตที่ได้จากการทดลอง

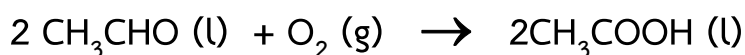
ผลผลิตร้อยละ (Percent yield) =  $\frac{\text{ผลผลิตจริง}}{\text{ผลผลิตตามทฤษฎี}} \times 100$

81



## ตัวอย่าง ปริมาณสารสัมพันธ์

การผลิตกรดอะซีติกดังสมการ



ถ้าใช้ Acetaldehyde ( $\text{CH}_3\text{CHO}$ ) 20.0 กรัม และ  $\text{O}_2$  10.0 กรัม

ก. สารใดเป็นสารกำหนดปริมาณ

ข. จงหาผลผลิตตามทฤษฎี(g) ของกรดอะซีติก

ค. จากการทดลองได้ กรดอะซีติก 23.8 กรัม จงหาผลผลิตร้อยละ

$$(\text{C} = 12.0, \text{H} = 1.0, \text{O} = 16.0)$$

82



## ตัวอย่าง(ต่อ)

ก. หาจำนวนโมลของ  $\text{CH}_3\text{CHO}$  และ  $\text{O}_2$

- จำนวนโมลของ  $\text{CH}_3\text{CHO}$  =  $20.0 / (12.0 \times 2) + (1.0 \times 4) + (16.0 \times 1)$   
= 0.45 โมล
- จำนวนโมลของ  $\text{O}_2$  =  $10.0 / (16.0 \times 2)$   
= 0.31 โมล
- $\text{CH}_3\text{CHO}$  2 โมล เกิด  $\text{CH}_3\text{COOH}$  2 โมล
- $\text{CH}_3\text{CHO}$  0.45 โมล เกิด  $\text{CH}_3\text{COOH}$   $(0.45 \times 2) / 2$  โมล = 0.45 โมล
- $\text{O}_2$  1 โมล เกิด  $\text{CH}_3\text{COOH}$  2 โมล
- $\text{O}_2$  0.31 โมล เกิด  $\text{CH}_3\text{COOH}$   $(0.31 \times 2) / 1$  โมล = 0.62 โมล
- ดังนั้น  $\text{CH}_3\text{CHO}$  เป็นสารกำหนดปริมาณ

83



### ตัวอย่าง(ต่อ)

ข. ผลผลิตตามทฤษฎีของกรดอะซีติก ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )

- จากข้อ ก เกิดกรดอะซีติก 0.45 โมล(ตามสารกำหนดปริมาณ)
- น้ำหนัก  $\text{CH}_3\text{COOH}$  = จำนวนโมล  $\times$  น้ำหนักโมเลกุล
- น้ำหนักโมเลกุล  $\text{CH}_3\text{COOH} = (12.0 \times 2) + (1.0 \times 4) + (16.0 \times 2)$   
 $= 60.0$  กรัม/โมล
- น้ำหนัก  $\text{CH}_3\text{COOH}$  = 0.45 โมล  $\times$  60.0 กรัม/โมล  
 $= 27.0$  กรัม (ผลผลิตตามทฤษฎี)

84



### ตัวอย่าง(ต่อ)

ค. ผลผลิตร้อยละ

- จากการทดลองได้ กรดอะซีติก 23.8 กรัม (ผลผลิตจริง)  
จากการคำนวณได้ กรดอะซีติก 27.0 กรัม (ผลผลิตทางทฤษฎี)
- ผลผลิตร้อยละ =  $\frac{\text{ผลผลิตจริง}}{\text{ผลผลิตตามทฤษฎี}} \times 100$   
 $= \frac{23.8 \text{ กรัม}}{27.0 \text{ กรัม}} \times 100$   
 $= 88.15$

85





### แบบฝึกหัด: สูตรโมเลกุล และอัตราส่วนโดยมวล

- จงหา%โดยมวลของธาตุโครเมียมในสารประกอบต่อไปนี้
  - CrO
  - Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
  - CrO<sub>3</sub>
- จงหา%โดยมวลของธาตุนโตรเจนในสารประกอบต่อไปนี้
  - (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
  - KNO<sub>3</sub>
  - (H<sub>2</sub>N)<sub>2</sub>CO
- สารประกอบชนิดหนึ่งมีองค์ประกอบโดยมวลเป็น Cu (34.67%) Fe (30.43%) และ S (34.94%) จงหาสูตรอย่างง่ายของสารประกอบนี้
- สารชนิดหนึ่งประกอบด้วย F และ Xe โดยมี Xe 53.5% โดยมวล จงหาสูตรอย่างง่ายของสารชนิดนี้

86



### แบบฝึกหัด: การดุลสมการเคมี

- $B_2O_3(s) + H_2O(l) \rightarrow H_3BO_3(aq)$
- $Cu(s) + AgNO_3(aq) \rightarrow Ag(s) + Cu(NO_3)_2(aq)$
- $NH_3(g) + O_2(g) \rightarrow NO(g) + H_2O(l)$
- $C_3H_6O(l) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + H_2O(l)$
- $NH_3(g) + O_2(g) \rightarrow NO(g) + H_2O(g)$
- $C_{12}H_{22}O_{11}(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + H_2O(l)$
- $C_2H_5OH(g) + Cr_2O_7^{2-}(aq) + H^+(aq) \rightarrow C_2H_3O_2H(aq) + Cr^{3+}(aq) + H_2O(l)$

87



### แบบฝึกหัด: สมการเคมี และสารกำหนดปริมาณ

- จงคำนวณหาปริมาณของ  $O_2(g)$  ที่ได้เมื่อ  $MnO_2(s)$  30 g สลายตัวตั้งสมการ
  - $3MnO_2(s) \rightarrow Mn_3O_4(s) + O_2(g)$
- จงคำนวณหาปริมาณเป็นกรัมของ  $Ca_3N_2$  ที่ผลิตได้จาก  $Ca(s)$  54.9 g และ  $N_2(g)$  43.2 g
  - เมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดจะเหลือสารใดบ้าง ปริมาณเท่าใด
  - สารใดคือสารกำหนดปริมาณ
- สารประกอบมีองค์ประกอบโดยมวลเป็น K 31.9% Cl 28.9% สลายตัวให้  $O_2$  และสารประกอบที่มีองค์ประกอบเป็น K 52.4% และ Cl 47.6% จงเขียนสมการเคมีของกระบวนการดังกล่าว

88



### แบบฝึกหัด

- แนพทาลีนประกอบด้วย C และ H มี MW 128 g/mol
- เผาแนพทาลีน 3 mg ได้  $CO_2$  10.3 mg
  - แนพทาลีน 3 mg มี C ? mg และ H ? mg
  - $C_xH_y + O_2(g) \rightarrow CO_2 + H_2O(g)$ 
    - ♦ จำนวนโมลของ C ทั้งสองฝั่งต้องเท่ากัน
  - $C_xH_y (0.00002 \text{ mol}) + O_2(g) \rightarrow CO_2 (0.0002 \text{ mol})$
  - $CO_2$  0.0002 mol มีจำนวน C 0.000234 mol ดังนั้น แนพทาลีน 0.0000234 mol หรือ 3 mg มีจำนวน C 0.000234 mol
  - แนพทาลีน 3 mg มี C  $(0.000234 \text{ mol} \times 12 \text{ g/mol}) = 2.81 \text{ mg}$ 
    - ♦ มี H = 0.189 mg = 0.000189 โมล
  - อัตราส่วนโมลของ C:H = 2.34: 1.89

89