ปฏิกิริยาเคมี

Chemical Reaction

โครงการจัดตั้งสายวิชาเคมี

June 2010

หัวข้อ

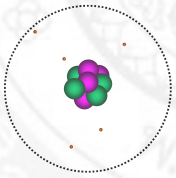
- สูตรโมเลกุล
- การเรียกชื่อสารอนินทรีย์
- น้ำหนักโมเลกุล-น้ำหนักสูตร
- โมล
- การหาสูตรโมเลกุล
  - องค์ประกอบร้อยละ
- เลขออกซิเดชัน
- ประเภทของปฏิกิริยา
  - การดุลสมการเคมี
- ปริมาณสารสัมพันธ์
  - สารกำหนดปริมาณ
  - ผลผลิตร้อยละ

2

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	9.110×10^{-28}
โปรตอน	1.007277	1.673×10^{-24}
นิวตรอน	1.008665	1.675×10^{-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

  } *Isotope*
  - ไนโตรเจน(N-13) : P=7 N=6 E=4

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_2 N_2 HCl CO
  - Polyatomic molecule: ประกอบด้วยอะตอมตั้งแต่ 3 อะตอมขึ้นไป เช่น S_8, H_2O, CCl_4, $C_6H_{12}O_6$

5

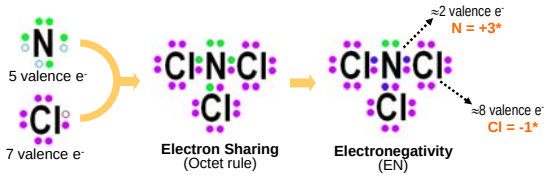
ไอออน (Ions)

- **ไอออน** (Ions): อะตอมหรือกลุ่มอะตอมที่ไม่เป็นกลางทางไฟฟ้า(มีประจุ)
  - **ประจุลบ** (Anion): อะตอมหรือกลุ่มอะตอมที่มีอิเล็กตรอนมากกว่า โปรตอน เช่น I^-, O^{2-}, SO_4^{2-}, CH_3COO^-
  - **ประจุบวก** (Cation): อะตอมหรือกลุ่มอะตอมที่มีโปรตอนมากกว่าอิเล็กตรอน เช่น Na^+, Mg^{2+}, NH_4^+

6

เลขออกซิเดชัน

- **เลขออกซิเดชัน**: ค่าประจุของอะตอมเมื่ออยู่ในสารประกอบ โดยสมมติว่ามีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนอย่างสมบูรณ์เนื่องจากค่า EN ต่างกัน



7

การคำนวณเลขออกซิเดชัน

เลขออกซิเดชัน

1. ธาตุอิสระ = 0
2. ไอออนของอะตอมเดี่ยว = ประจุของไอออน
3. สารประกอบ
   1) โลหะหมู่ IA=+1 : โลหะหมู่ IIA=+2
   2) H = +1 **ยกเว้น**ถ้าเกิดพันธะกับโลหะหมู่ IA H= −1
   3) O = −2 **ยกเว้น**ในสารประกอบพวก peroxide (เช่น H_2O_2) O= −1
   4) ธาตุหมู่ VIIA (Halogen) =−1 **ยกเว้น**เมื่อรวมกับ oxygen*
   5) *โมเลกุลที่เป็นกลาง* ผลรวมของเลขออกซิเดชันทั้งหมดเท่ากับศูนย์
   6) *ไอออน* ผลรวมของเลขออกซิเดชันทั้งหมดเท่ากับประจุของไอออน
   7) ธาตุทรานสิชันมักมีเลขออกซิเดชันหลายค่า

8

ตัวอย่าง *การหาเลขออกซิเดชัน*

CH_3Cl
H = +1
Cl = −1
C + 1x3 − 1 = 0 → **C = −2**

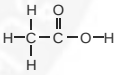
$HClO_2$
H = +1
O = −2
Cl + 1 − 2x2 = 0 → **Cl = −3**

$HClO_3$
H = +1
O = −2
Cl + 1 − 2x3 = −1 → **Cl = −5**

9

สูตรเคมี (Chemical Formula)

1. **สูตรโมเลกุล** (Molecular formula) กลุ่มสัญญลักษณ์ที่เขียนแสดงจำนวนอะตอมทั้งหมดของแต่ละธาตุที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลนั้นๆ
   - H_2O_2, C_2H_4, $C_6H_{12}O_6$
2. **สูตรเอมพิริกัล** (Empirical formula) สูตรที่แสดงอัตราส่วนอย่างต่ำของธาตุที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุล
   - H_2O_2 มีสูตรเอมพิริกัล คือ HO
   - $C_6H_{12}O_6$ มีสูตรเอมพิริกัล คือ CH_2O
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)

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

หรือ เรียกชื่อตามระบบเดิมโดย

- ไอออนที่มี**เลขออกซิเดชันสูง**ลงท้ายด้วย -ic
- ไอออนที่มี**เลขออกซิเดชันต่ำ**ลงท้ายด้วย -ous

Fe^{2+}	ferrous ion	Fe^{3+}	ferric (III) ion
Mn^{2+}	manganous ion	Mn^{3+}	manganic ion
Cu^{1+}	cuprous ion	Cu^{2+}	cupric ion

12

2 ไอออนบวกของสารประกอบไอออนิกใช้ชื่อสามัญ

- NH_4^+ ammonium ion
- NO_2^+ nitryl ion
- NO^+ nitrosyl ion
- H_3O^+ hydronium ion

13

การเรียกชื่อไอออนลบ (Anions)

1.ไอออนอะตอมเดี่ยวเรียกชื่อธาตุและลงท้ายด้วย -ide

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

2. ไอออนของหลายอะตอมเรียกตามชื่อสามัญ

- CN^- cyanide ion
- OH^- hydroxide ion
- SCN^- thiocyanate ion
- CH_3COO^- acetate ion
- O_2^{2-} peroxide ion

14

3 ไอออนลบที่ประกอบด้วยออกซิเจนและอะตอมอื่น (Oxoanion) เรียกชื่ออะตอมตามด้วย –ate ion

- ClO_3^- chlorate
- CO_3^{2-} carbonate
- $C_2O_4^{2-}$ Oxalate
- CrO_4^{2-} chromate
- $Cr_2O_7^{2-}$ dichromate
- PO_4^{3-} phosphate
- SO_3^{2-} sulfate
- $S_2O_3^{2-}$ Thiosulfate
- NO_3^- Nitrate

15

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

- ClO_4^- perchlorate ion **+7**
- ClO_3^- chlorate ion (most common oxyanion) **+5**
- ClO_2^- chlorite ion **+3**
- ClO^- hypochlorite **+1**

5. ไอออนลบที่เกิดจาก H^+ กับ Oxoanion ให้เติม hydrogen หรือ dihydrogen หน้าชื่อ

- CO_3^{2-} carbonate ion
- PO_4^{3-} phosphate ion
- HCO_3^- hydrogen carbonate ion
- $H_2PO_4^-$ dihydrogen phosphate ion

16

ไอออนลบที่พบบ่อย

charge	Formula	Name	Formula	Name
-1	H^-	Hydride ion	$C_2H_3O_2^-$	Acetate ion
	F^-	Fluoride ion	ClO_3^-	Chlorate ion
	Cl^-	Chloride ion	ClO_4^-	Perchlorate ion
	CN^-	Cyanide ion	NO_3^-	Nitrate ion
	OH^-	Hydroxide ion	MnO_4^-	Permanganate ion
-2	O^{2-}	Oxide ion	CO_3^{2-}	Carbonate ion
	O_2^{2-}	Peroxide ion	CrO_4^{2-}	Chromate ion
	SO_4^{2-}	Sulfate ion	$Cr_2O_7^{2-}$	Dichromate ion
-3	N^{3-}	Nitride ion	PO_4^{3-}	Phosphate ion

17

Oxoanion ที่พบบ่อย

Oxoanion	Name	Oxoanion	Name
HSO_4^-	Hydrogen sulfate ion	**NO_3^-**	Nitrate ion
HSO_3^-	Hydrogen sulfite ion	**NO_2^-**	Nitrite ion
HCO_3^-	Hydrogen Carbonate ion	**$C_2O_4^{2-}$**	Oxalate ion
ClO_3^-	Chlorate ion	**$S_2O_3^{2-}$**	Thiosulfate ion
CO_3^{2-}	Carbonate ion	**SO_4^{2-}**	Sulfate ion
CrO_3^{2-}	Chromate ion	**PO_4^{3-}**	Phosphate ion
$Cr_2O_7^{2-}$	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 หรือ 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)

- สารประกอบของธาตุอโลหะสองชนิด
- **การเขียนสูตร**: เขียนสัญลักษณ์ธาตุที่มีค่า EN ต่ำกว่านำหน้า (*มีข้อยกเว้นเช่น NH_3 ซึ่งใช้ชื่อสามัญแทนคือ ammonia*)
  - HF HCl H_2O H_2S
- **การเรียกชื่อ**: เรียกชื่ออธาตุตัวแรก ตามด้วยธาตุตัวที่สองและเปลี่ยนคำลงท้ายธาตุที่สองเป็น -ide
  - HF hydrogen fluoride
- ใช้ Prefix (mono, di, tri, tetra, penta, hexa ....) ตามความจำเป็น
  - PCl_3 phosphorous trichloride
  - Cl_2O_5 dichlorine pentaoxide

21

ไฮเดรต (Hydrates)

- สารประกอบเชิงซ้อนที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ เรียกชื่อสารประกอบตามด้วย prefix(mono-, di-, tri- etc.) hydrate ตามจำนวนของโมเลกุลน้ำ
  - $NiBr_2 \cdot 3H_2O$ nickel(II) bromide trihydrate
  - $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ magnesium chloride hexahydrate

22

การเรียกชื่อกรด

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

23

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_2S(aq) hydrosulfuric acid

24

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) เรียกตามกรดออกซีแต่
  - 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 >>

25

ตัวอย่างชื่อกรดและไอออน

SKIP

- $HBrO$ ____ BrO^- ____
- $HBrO_3$ ____ BrO_3^- ____
- H_2SO_4 ____ SO_4^{2-} ____ HSO_4^- ____
- H_2SO_3 ____ SO_3^{2-} ____ HSO_3^- ____
- H_3PO_3 ____ PO_3^{3-} ____ $H_2PO_3^-$ ____
- H_3PO_4 ____ PO_4^{3-} ____
- H_2CO_3 ____ CO_3^{2-} ____
- HIO ____ IO^- ____
- HIO_2 ____ IO_2^- ____
- HIO_3 ____ IO_3^- ____

26

แบบฝึกหัด

เขียนสูตรหรือชื่อของสารต่อไปนี้ พร้อมหาเลขออกซิเดชันของธาตุองค์ประกอบ

- $(NH_4)_2S$
- Al_2O_3
- $ZnCl_2$
- K_2CO_3
- CaO
- ZnI_2
- PbO_2
- Mn_2O_3
- Calcium sulfate
- Sodium cyanide
- Cobalt(II) sulfate
- Potassium hydrogen sulfide
- Hydrogen phosphate
- Silver(I) chloride
- Cobalt(II) sulfate
- Dinitrogen trioxide
- Barium oxide
- Carbon disulfide
- $CuSO_4 \cdot 5H_2O$
- Cobalt(II) chloride tetrahydrate

27

แบบฝึกหัด

- กรด
  - HBr(aq)
  - $HBrO_3$(aq)
  - HNO_2(aq)
  - H_2CO_3(aq)
  - Hydrosulfuric acid
  - Carbonic acid
  - NaOBr
  - Phosphorous acid
  - Perchloric acid
- Oxoanion compounds
  - $NaNO_3$
  - $CrPO_4$
  - $CaCO_3$
  - $CuSO_4$
  - $Ba(ClO_4)_2$
  - $NaHSO_4$
  - Sodium chlorate
  - Barium hypobromite

28

น้ำหนักอะตอม (Atomic weight)

- น้ำหนักอะตอม คือ มวลเฉลี่ยของไอโซโทปต่างๆ ของธาตุ กำหนดโดยเทียบกับมวลของคาร์บอน-12 (12C)
- การหามวลอะตอมของธาตุ
  - หน่วยที่ใช้ ⟶ atomic mass unit (amu)
  - มวลของอะตอมกำหนดโดยอ้างอิงกับ ^{12}C
  - กำหนดให้มวล ^{12}C 1 อะตอม (1.9927×10^{-23}) =12 amu
  - 1 amu =(1/12) มวลของ ^{12}C 1 อะตอม = 1.6606×10^{-24} g

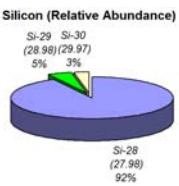
นน.ของอนุภาค: *Proton* 1.673×10^{-24} *g* *neutron* = 1.675×10^{-24} *g*

29

มวลอะตอมเฉลี่ย(Average Atomic Mass)

- มวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุ = ค่าเฉลี่ยของมวลของทุกไอโซโทปของธาตุนั้นๆที่ปรากฏในธรรมชาติ
- มวลเฉลี่ยระบุอยู่ในตารางธาตุ

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



Atomic Mass of Si = 28.085508 amu

30

ตัวอย่าง *การหาค่ามวลเฉลี่ย*

- ในธรรมชาติประกอบด้วย ^{12}C 98.892% และ ^{13}C 1.108% โดยมวลของแต่ละไอโซโทปเท่ากับ 12.0000 amu และ 13.00335 amuตามลำดับ จงหามวลอะตอมเฉลี่ยของคาร์บอน
- ***มวลอะตอมเฉลี่ย C***

$$= \left(\frac{98.892}{100} \times 12.000 \text{ amu}\right) + \left(\frac{1.108}{100} \times 13.00335 \text{ amu}\right)$$
$$= 12.011 \text{ amu}$$

31

น้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight)

- **น้ำหนักโมเลกุล** (MW) คือ น้ำหนักรวมของทุกอะตอมในโมเลกุล มีหน่วยเป็น amu หรือ g/mol
  *อาจเรียกว่า**น้ำหนักสูตร** (Formula Weight)* → อะตอม โมเลกุล ไอออน
- **ตัวอย่าง** **จงคำนวณน้ำหนักโมเลกุลของ** H_2SO_4
  (น้ำหนักอะตอม: H = 1.01 amu, S = 32.06 amu,O=16.00 amu)
  - H_2SO_4 ประกอบด้วย H 2 อะตอม, S 1 อะตอม, O 4 อะตอม
  - น้ำหนักโมเลกุลของ H_2SO_4 = (1.01 x 2)+(32.06 x1)+(16.00 x4)
    = 98.08 amu

32

1ปริมาณมาก-น้อย

น้ำหนัก ⟺ จำนวน

ปริมาตร

ใช้บอกว่ามีปริมาณมาก/น้อยเท่าใด

- เลือกใช้ชนิดไหน ?
  - วัด/นับง่าย
  - เลขน้อย
  - ไม่คลุมเครือ

- *รถยนต์ 30 คัน หรือ 15.32 ตัน*
- *ถั่ว 200,000 เม็ด หรือ 12.75 kg*
- *ถั่วเขียว 1 ลิตร หรือ 7 ขีด*
- *นม 1.2 ลิตร หรือ 1.52 กก.*
- *หอมสับ 1/2 ถ้วย หรือ 0.5 กก.*

33

จำนวน ↔ น้ำหนัก

1 ตัวถัง + 4 ล้อ + 1 เครื่องยนต์ → 1 รถยนต์

- ตัวถัง1 ชิ้นหนัก 400 kg
- ล้อ 1 ล้อหนัก 2.5 kg
- เครื่องยนต์ 1 เครื่องหนัก 140 kg
- รถยนต์ 1 คันหนักเท่าใด 550 kg
- รถยนต์หนัก 110 ตัน เท่ากับรถยนต์กี่คัน 200 คัน
- 50 ตัวถัง และ 160 ล้อ เพียงพอที่จะสร้างรถยนต์ได้กี่คัน 40 คัน
- ตัวถังหนักรวม 6,000 kg และล้อหนักรวม 200 kg ประกอบรถยนต์ได้กี่คัน 15 คัน
- เครื่องยนต์หนักรวม 28 ตัน จะพอดีกับล้อรถกี่ล้อ 80 ล้อ

34

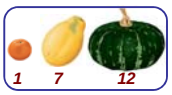
จำนวน ↔ น้ำหนัก

- น็อต 1 ชุดมีน็อต 1 หัวน็อต 1 แหวนรอง 2
  - *น็อต 20,000 อัน หนัก 400 kg* } *น็อต 1 อัน หนัก 20 g*
  - *หัวน็อต 20,000 อัน หนัก 100 kg* } *หัวน็อต 1 อัน หนัก 5 g*
  - *แหวน 20,000 อัน หนัก 50 kg* } *แหวน 1 อัน หนัก 2.5 g*
- ✪ น็อต 1 ชุดหนักเท่าใด 30 g
- ✪ น็อต 250 ชุด หนักเท่าใด 7.5 kg
- ✪ น็อต 20 อัน แหวน 14 อัน หัวน็อต 10 อัน ได้กี่ชุด 7 ชุด
- ✪ มีน็อต 10 kg ต้องการหัวน็อตและแหวนเท่าไร 500/1000
- ✪ น็อตประกอบแล้วน้ำหนัก 180 กก. มีน็อตกี่ชุด 6000 ชุด

35

จำนวน ↔ น้ำหนัก

- เบากว่า 7 เท่า และเบากว่า 12 เท่า



  - *มะละกอและส้มอย่างละ 10 กก. มีจำนวนผลต่างกันอย่างไร*
  - *ส้ม 10 กก. มีจำนวนผลเท่ากับฟักทองหนักเท่าใด*
- อะตอม H เบากว่า Li 7 เท่า และเบากว่า C 12 เท่า
  - *H 1 g มีจำนวนอะตอมเท่ากับ C เท่าใด*
  - *H และ Li อย่างละ 7 g มีจำนวนอะตอมต่างกันอย่างไร*

36

โมล(Mole)

- **โมล**(Mole,*mol*): หน่วยของปริมาณสารที่บอกจำนวนอนุภาค (อะตอม, โมเลกุล, ไอออน)
  - สาร 1 โมล มีจำนวนอนุภาค = 6.02×10^{23} อนุภาคและมีน้ำหนักเท่ากับน้ำหนักสูตรของสารนั้นในหน่วยกรัม
  - Avogadro's number (N_A) = 6.02×10^{23} อนุภาค/โมล
- *MW ของ H_2SO_4 = 98.08 amu หรือ 98.08 g/mol*
  - *H_2SO_4 1 โมลหนัก 98.08 g และมีจำนวน 6.02×10^{23} โมเลกุล*

โมลใช้เพื่อแปลงระหว่าง น้ำหนัก และ จำนวนอนุภาค

37

น้ำหนักสูตร(โมล-กรัม-อนุภาค)

^{12}C	1 อะตอม	= 12.000	amu
	1 โมล	= 12.000	กรัม
		= 6.02×10^{23}	อะตอม
O	1 อะตอม	= 15.9998	amu
	1 โมล	= 15.9998	กรัม
		= 6.02×10^{23}	อะตอม
H_2SO_4	1 โมเลกุล	= 98.08	amu
	1 โมล	= 98.08	กรัม
		= 6.02×10^{23}	โมเลกุล
H^+	1 โมล	= 6.02×10^{23}	ไอออน

38

ตัวอย่าง

- ^{16}O แต่ละอะตอมมีมวล 2.6560×10^{-23} g

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

สารที่มีจำนวนโมลเท่ากันจะมีจำนวนอนุภาคเท่ากัน

- **คำถาม** O *1.0 g* จะมีจำนวนอะตอมเท่ากันกับ Li หนักกี่กรัม

O หนัก15.999 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*

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 โมล**มีจำนวนโมเลกุล = 6.02×10^{23} โมเลกุล

  มีน้ำหนัก = น้ำหนักโมเลกุลของสารนั้น (กรัม)

- H_2O **1 โมล** มีจำนวนโมเลกุล = 6.02×10^{23} โมเลกุล

  มีน้ำหนัก = (1.0 x 2)+16.0 = **18.0 กรัม**
- CH_3OH **1 โมล** มีจำนวนโมเลกุล 6.02×10^{23} โมเลกุล

  มีน้ำหนัก = 12.0+(1.0 x 4) +16.0 = **32.0 กรัม**
- NH_3 **3 โมล** มีจำนวนโมเลกุล 3 x 6.02×10^{23} โมเลกุล

  มีน้ำหนัก = 3x(1.0 x 3+14.0) = **51.0 กรัม**

40

สรุปเรื่องโมล

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

อนุภาค ⟷ (×N_A) โมล (mol) ⟷ (×MW) มวล (g)

สูตรเคมี

41

ตัวอย่าง

- **จำนวนอะตอม O ใน** $Ca(NO_3)_2$ 0.25 mol
  - $Ca(NO_3)_2$ 1 โมล มี O 6 โมล
  - $Ca(NO_3)_2$ 0.25 โมล มี O $(6 \times 0.25)/1$ โมล

    $= 1.5$ โมล
  - 1 โมลของ O มี 6.02×10^{23} อะตอม
  - 1.5 โมลของ O มี $6.02 \times 10^{23} \times 1.5$ อะตอม

    $= 9.03 \times 10^{23}$ อะตอม

42

ตัวอย่าง

- **จำนวนอะตอม N ใน $Ca(NO_3)_2$ 35 g**
  - MW ของ $Ca(NO_3)_2$ = 40.08 + 14.01x2 + 16.00x6 = 164.09 g/mol
  - $Ca(NO_3)_2$ 35 g เท่ากับ 35/164.09 = 0.213 โมล
  - $Ca(NO_3)_2$ 1 โมล มี N 2 โมล
  - $Ca(NO_3)_2$ 0.213 โมล มี N (2 × 0.213)/1 โมล = 0.426 โมล
  - N 1 โมลเท่ากับ 6.02×10^{23} อะตอม
  - 0.426 โมลของ N เท่ากับ $6.02 \times 10^{23} \times 0.426$ อะตอม = 2.56×10^{23} อะตอม

43

ตัวอย่าง

- จำนวนโมล จำนวนอะตอม และน้ำหนักของอะตอมออกซิเจนใน sodium carbonate (Na_2CO_3) 1.50 mol
  - Na_2CO_3 1 mol ประกอบด้วย O 3 mol
  - Na_2CO_3 1.5 mol ประกอบด้วย O 3x1.5 mol = 4.5 mol
  - O 4.5 โมล มีจำนวนอะตอมเท่ากับ $4.5 \times 6.02 \times 10^{23}$ อะตอม มีน้ำหนักเท่ากับ 4.5x16.00 g

44

การคำนวณโมล – กรัม

- จำนวนโมลของสารหาได้โดย

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

- **ตัวอย่าง จงหาจำนวนโมลของ $NaHCO_3$ 508 กรัม**
  (น้ำหนักอะตอม : C = 12.0, H = 1.0, O = 16.0, Na = 23.0)

45

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 แก๊สอะเซทีลีน (C_2H_2) 1.3 กรัม มีปริมาตรกี่ลิตรที่** STP
  (น้ำหนักอะตอม : C = 12.0, H = 1.0)

46

องค์ประกอบเป็นร้อยละ

- ปริมาณของแต่ละธาตุในสารประกอบโดยระบุเป็นร้อยละ (%) โดยน้ำหนัก

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

- **ตัวอย่าง คำนวณหาองค์ประกอบร้อยละของ $C_{12}H_{22}O_{11}$**

47

สูตรเอมพิริกัลและสูตรโมเลกุล

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

สูตรโมเลกุล = $(\text{สูตรเอมพิริกัล})_n$
น้ำหนักสูตรโมเลกุล = (น้ำหนักสูตรเอมพิริกัล) x n
(n = 1, 2, 3...)

48

ตัวอย่าง สูตรเอมพิริกัลและสูตรโมเลกุล

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

- (สมมติ)สาร 100 กรัม จะมี P 43.64 กรัม และ O 56.36 กรัม
  - จำนวนโมลของ P = 43.64 g ÷ 31.0 g/mol= 1.41 mol
  - จำนวนโมลของ O = 56.36 g ÷ 16.0 g/mol = 3.52 mol
  - อัตราส่วน#โมล P : O = 1.41 : 3.52 (หารด้วยจำนวนที่น้อยที่สุด (1.41))
  - อัตราส่วน#โมล P : O อย่างต่ำ = 1: 2.49 ≈ 1:2.5
  - ทำเป็นจำนวนเต็ม = 2 : 5 สูตรเอมพิริกัลคือ P_2O_5 (คูณด้วยจำนวนเต็ม (x2))
- MW(283.88) = นน.สูตรเอมพิริกัล(142) x n
  - n = 283.88/142 = 1.999 = 2

  สูตรโมเลกุล = $(P_2O_5)_2 = P_4O_{10}$

49

สมการเคมี(Chemical Equations)

สมการเคมีใช้เขียนแสดงปฏิกิริยาเคมี บอกให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงจากสารตั้งต้นเป็นสารผลิตภัณฑ์

1. สมการแบบโมเลกุล
   - แสดงปฏิกิริยา และสถานะของสาร (s, l, g, ag)
   - แสดงจำนวนโมลของสารที่ดุลกันระหว่างสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์
   - จำนวนอะตอมของธาตุแต่ละชนิดในทั้ง 2 ด้านต้องเท่ากัน

สารตั้งต้น (reactants) → *ผลิตภัณฑ์ (products)*

- $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$
- $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$

50

สมการเคมี(II)

2. สมการไอออนิก
   - ใช้กับสารประกอบไอออนิก
   - เขียนเฉพาะไอออน และโมเลกุลที่จำเป็นในปฏิกิริยา

$Pb(NO_3)_2(aq) + 2NaI(aq) \rightarrow PbI_2(s) + 2NaNO_3(aq)$

ในสารละลายสารประกอบไอออนิกบางตัว*จะแตกตัวเป็นไอออน

51

ตัวอย่าง การเขียนสมการไอออนิก

จงเขียนสมการไอออนิกสุทธิของปฏิกิริยาต่อไปนี้

- $2\,HNO_3(aq) + Mg(OH)_2(aq) \rightarrow 2H_2O(l) + Mg(NO_3)_2(aq)$
- $K_2CrO_4(aq) + Ba(NO_3)_2(aq) \rightarrow BaCrO_4(s) + 2\,K(NO_3)_2(aq)$

52

ประเภทของปฏิกิริยาเคมี

1. Non-redox Reaction : ปฏิกิริยาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลข oxidation ของสารในปฏิกิริยาเช่น ปฏิกิริยากรด - เบส
   - $NaOH(aq) + HCl(aq) \rightarrow NaCl(aq) + H_2O(aq)$
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

53

ปฏิกิริยารีดอกซ์

$\overset{+3\ -1}{FeCl_3}(s) + \overset{+1\ -2}{H_2S}(s) \rightarrow \overset{+2\ -1}{FeCl_2} + \overset{+1\ -1}{HCl} + \overset{0}{S}$

Oxidation Reaction

- **ตัวรีดิวซ์** เกิด oxidation มีเลข oxidation ลดลง (*Fe*)

Reduction Reaction

- **ตัวออกซิไดส์** เกิด reduction มีเลข oxidation เพิ่มขึ้น (*S*)

$\overset{0}{Cl_2}(g) + 2\overset{+1\ -2}{H_2O}(l) \rightarrow \overset{+1\ -2}{H_3O^+}(aq) + \overset{+1\ -2\ +1}{HOCl}(aq) + \overset{-1}{Cl^-}(aq)$

Disproportionation Reaction

- สารตัวเดียวทำหน้าที่เป็นทั้งตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ (*Cl* เปลี่ยนเลขออกซิเดชัน 0 → +1, –1)

54

การดุลสมการเคมีอย่างง่าย

การดุลสมการทำโดยเติมสัมประสิทธิ์เพื่อให้จำนวนอะตอมแต่ละชนิดของสองฝั่ง(สารตั้งต้น และ ผลิตภัณฑ์)เท่ากัน

$2Fe + 3Cl_2 \rightarrow 2FeCl_3$ ✓

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

55

ตัวอย่าง การดุลสมการเคมี

- $C_3H_8 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$

$C_3H_8 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$	C: 3 → 1

56

ตัวอย่าง การดุลสมการเคมี

- $NH_3 + O_2 \rightarrow NO + H_2O$

$NH_3 + O_2 \rightarrow NO + H_2O$	H: 3 → 2

57

ตัวอย่าง การดุลสมการเคมี

- $CH_4O + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$

$CH_4O + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$	H: 4 → 2

58

ตัวอย่าง การดุลสมการเคมี

$Na_2O_2 + H_2O \rightarrow NaOH + O_2$

$Na_2O_2 + H_2O \rightarrow NaOH + O_2$	Na: 2 → 1

59

ตัวอย่าง การดุลสมการเคมีที่ซับซ้อน

- $HNO_3 \rightarrow NO_2 + H_2O + O_2$

60

ปริมาณสารสัมพันธ์

สมการเคมีที่ดุลบอกให้ทราบความสัมพันธ์**เชิงปริมาณ**ของสารที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยา (ปริมาณสารตั้งต้นที่ทำปฏิกิริยากันพอดี)

$SiCl_4(s) + 2H_2O(l) \rightarrow SiO_2(s) + 4HCl(g)$

โมเลกุล	1	2	1	4
โมล	1	2	1	4
จำนวนอนุภาค	6.02×10^{23}	$2\times 6.02\times10^{23}$	6.02×10^{23}	$4\times6.02\times10^{23}$
ปริมาตร (STP)	-	-	-	4x22.4 L

ใช้หาปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นหรือสารตั้งต้นที่ทำปฏิกิริยา

61

ตัวอย่าง ปริมาณสารสัมพันธ์

ปฏิกิริยา $CaC_2(s)+2H_2O(l) \rightarrow Ca(OH)_2(aq)+C_2H_2(g)$

ถ้าใช้ CaC_2 4.5 โมล ทำปฏิกิริยากับน้ำที่ปริมาตรมากเกินพอ

ก. ได้ C_2H_2 เกิดขึ้นกี่โมลและกี่กรัม

ข. ได้ C_2H_2 กี่ลิตรที่ STP

ค. น้ำทำปฏิกิริยาไปกี่โมลและกี่กรัม

62

ตัวอย่าง (ต่อ)

ก. CaC_2 1 mol เกิด C_2H_2 1 mol

CaC_2 4.5 mol เกิด C_2H_2 (4.5 × 1)/1 mol

= 4.5 mol

น้ำหนัก(กรัม) = จำนวนโมล × น้ำหนักโมเลกุล

น้ำหนักโมเลกุล C_2H_2 = (12.0 ×2)+(1.0 ×2) = 26 g/mol

น้ำหนัก C_2H_2 = 4.5 mol × 26 g/mol

= 117 g

63

ตัวอย่าง (ต่อ)

ข. จากข้อ ก เกิด C_2H_2 4.5 mol

และแก๊ส 1 molที่ STP มีปริมาตร 22.4 L

ดังนั้น เกิด C_2H_2 4.5 mol x 22.4 mol/L

= 100.8 L

ค. CaC_2 1 mol เกิดปฏิกิริยากับน้ำ 2 mol

CaC_2 4.5 mol เกิดปฏิกิริยากับน้ำ (2 x 4.5)/1 = 9.0 mol

น้ำ 9.0 mol มีน้ำหนัก 9.0 x MW(H_2O) = 9.0 x 18.0 g

= 162 g

64

ตัวอย่าง

60 g ? g

$3\,Ca(s) + N_2(g) \rightarrow Ca_3N_2(s)$

60 g = 1.5 mol *→ 0.5 mol*

- สมการเคมี*บอกความสัมพันธ์ระหว่าง**จำนวนโมล**ของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์
  - พิจารณาจำนวนโมลเป็นหลัก
  - แปลงน้ำหนัก/ปริมาตร เป็นโมล
  - เทียบอัตราส่วนตามความสัมพันธ์ในสมการ (เทียบสัมประสิทธิ์)
  - แปลงจำนวนโมลกลับเป็นน้ำหนักหรือปริมาตรตามต้องการ

65

แบบฝึกหัด ปริมาณสารสัมพันธ์

- $TiCl_4(l) + 2H_2O(g) \rightarrow TiO_2(s) + 4HCl(g)$

  ถ้าใช้ $TiCl_4$ 4.5 โมล ทำปฏิกิริยากับน้ำที่มีปริมาตรมากเกินพอ
  - ได้ TiO_2 เกิดขึ้นกี่โมลและกี่กรัม
  - ได้ HCl กี่ลิตรที่ STP
  - น้ำทำปฏิกิริยาไปกี่โมลและกี่กรัม

▶ $TiCl_4$ 4.5 โมล จะเกิด TiO_2 4.5 โมล = 4.5 mol x 80 g/mol = 360 g

▶ $TiCl_4$ 4.5 โมล จะเกิด HCl(g) 4.5 x 4 mol = 18.0 mol = 403.2 L ที่ STP

▶ $TiCl_4$ 4.5 โมล จะทำปฏิกิริยากับ H_2O 4.5 x 2 mol = 9.0 mol

H_2O 9.0 โมล เท่ากับ 9.0 mol x 18 g/mol = 162.0 g

66

ตัวอย่าง ปริมาณสารสัมพันธ์

- ปฏิกิริยา $Fe(s) + H_2O(l) \rightarrow Fe_3O_4(s) + H_2(g)$
  - จะเกิด H_2 กี่โมลเมื่อ Fe 42.7 g ทำปฏิกิริยากับน้ำ
  - ถ้าใช้ Fe 63.5 g ต้องใช้น้ำกี่กรัม
  - หากเกิดปฏิกิริยาได้ H_2 7.36 โมลจะได้ Fe_3O_4 กี่กรัม

67

สารกำหนดปริมาณ (Limiting Reactant)

- 2 ขนมปัง + 1 ชีส + 1 แฮม → 2 แซนด์วิช
  - ขนมปัง 0.5 ขีด/แผ่น
  - ชีสหนักแผ่นละ 1 ขีด
  - แฮม 2 ขีด/แผ่น

- ขนมปัง 20 แผ่น ชีส 15 แผ่น แฮม 8 แผ่น ได้แซนด์วิชกี่อัน *16 อัน*
- แฮม 12 ขีด ชีส 7 แผ่น ขนมปังไม่จำกัด ได้แซนด์วิชกี่อัน *12 อัน*
- ขนมปัง 10 ขีด ชีส 10 ขีด แฮม 18 ขีดได้แซนด์วิชหนักกี่ขีด *18 อัน =36 ขีด*

สารตั้งต้นที่หมดก่อนคือสารที่กำหนดปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ได้

68

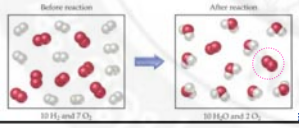
สารกำหนดปริมาณ (Limiting Reactant)

: สารตั้งต้นตัวที่มีปริมาณน้อยที่สุดในการกำหนดว่า ปฏิกิริยาหนึ่งจะให้ผลิตผลที่มากที่สุดเท่าใด

$2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$

โมล	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 O_2 เหลือ สารกำหนดปริมาณ คือ H_2



69

วิธีหาสารกำหนดปริมาณ

1. หาปริมาณผลผลิตจากสารตั้งต้นตัวที่ 1
2. หาปริมาณผลผลิตจากสารตั้งต้นตัวที่ 2
3. เลือกสารตั้งต้นตัวที่ให้ผลิตผลน้อยสุด→ตัวกำหนดปริมาณ

70

ตัวอย่าง สารกำหนดปริมาณ

$Zn(s) + 2\,HCl(aq) \rightarrow ZnCl_2(aq) + H_2(g)$

ถ้าใช้ Zn 0.3 โมล ทำปฏิกิริยากับ HCl 0.52 โมล

(Zn = 65.0, Cl = 35.5, H = 1.0)

ก. สารใดเป็นสารกำหนดปริมาณ

ข. มี H_2 เกิดขึ้นกี่กรัม

71

ตัวอย่าง (ต่อ)

- สารกำหนดปริมาณ
  - Zn 1 โมล เกิด H_2 1 โมล
    Zn 0.3 โมล เกิด H_2 (1×0.3)/1 = **0.3 โมล**
  - HCl 2 โมล เกิด H_2 1 โมล
    HCl 0. 52 โมล เกิด H_2 (1×0. 52)/2 = **0. 26 โมล**
  - ดังนั้นสารกำหนดปริมาณคือ HCl เพราะเกิดสารผลิตภัณฑ์น้อยที่สุด
- ปริมาณ H_2 ที่เกิดขึ้น(กรัม)
  - เกิด H_2 (เกิดตามสารกำหนดปริมาณ) 0. 26 โมล
  - น้ำหนัก(กรัม) = จำนวนโมล × น้ำหนักโมเลกุล
    = 0. 26 × (1.0 × 2) = 0.52 กรัม

72

ผลผลิตตามทฤษฎี ผลผลิตจริง และผลผลิตร้อยละ

ผลผลิตตามทฤษฎี (Theoretical yield)

: ผลผลิตที่มีมากที่สุด ที่เกิดจากปฏิกิริยาที่สมบูรณ์

ผลผลิตจริง (Experimental yield)

: ผลผลิตที่ได้จากการทดลอง

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

73

ตัวอย่าง ปริมาณสารสัมพันธ์

การผลิตกรดอะซีติกดังสมการ

$$2\,CH_3CHO\,(l) + O_2\,(g) \rightarrow 2CH_3COOH\,(l)$$

ถ้าใช้ Acetaldehyde (CH_3CHO) 20.0 **กรัม และ** O_2 10.0 **กรัม**

ก. สารใดเป็นสารกำหนดปริมาณ

ข. จงหาผลผลิตตามทฤษฎี(g) ของกรดอะซีติก

ค. จากการทดลองได้ กรดอะซีติก 23.8 กรัม จงหาผลผลิตร้อยละ

(C = 12.0, H = 1.0, O = 16.0)

74

ตัวอย่าง (ต่อ)

ก. หาจำนวนโมลของ CH_3CHO และ O_2

- จำนวนโมลของ CH_3CHO = 20.0/(12.0×2)+(1.0×4)+(16.0×1)
  = 0.45 โมล
- จำนวนโมลของ O_2 = 10.0/(16.0×2)
  = 0.31 โมล
- CH_3CHO 2 โมล เกิด CH_3COOH 2 โมล
  CH_3CHO 0.45 โมล เกิด CH_3COOH (0.45 × 2)/2 โมล = 0.45 โมล
- O_2 1 โมล เกิด CH_3COOH 2 โมล
  O_2 0.31 โมล เกิด CH_3COOH (0.31 × 2)/1 โมล = 0.62 โมล
- ดังนั้น CH_3CHO เป็นสารกำหนดปริมาณ

75

ตัวอย่าง (ต่อ)

ข. ผลผลิตตามทฤษฎีของกรดอะซีติก (CH_3COOH)

- จากข้อ ก เกิดกรดอะซีติก 0.45 โมล(ตามสารกำหนดปริมาณ)
- น้ำหนัก CH_3COOH = จำนวนโมล × น้ำหนักโมเลกุล
- น้ำหนักโมเลกุล CH_3COOH = (12.0×2)+(1.0×4)+(16.0×2)
  = 60.0 กรัม/โมล
- น้ำหนัก CH_3COOH = 0.45 โมล × 60.0 กรัม/โมล
  = 27.0 กรัม *(ผลผลิตตามทฤษฎี)*

76

ตัวอย่าง (ต่อ)

ค. ผลผลิตร้อยละ

- จากการทดลองได้ กรดอะซิติก 23.8 กรัม (ผลผลิตจริง)
  จากการคำนวณได้ กรดอะซิติก 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

77

แบบฝึกหัด: สูตรโมเลกุล และอัตราส่วนโดยมวล

- จงหา%โดยมวลของธาตุโครเมียมในสารประกอบต่อไปนี้
  - CrO
  - Cr_2O_3
  - CrO_3
- จงหา%โดยมวลของธาตุไนโตรเจนในสารประกอบต่อไปนี้
  - $(NH_4)_2SO_4$
  - KNO_3
  - $(H_2N)_2CO$
- สารประกอบชนิดหนึ่งมีองค์ประกอบโดยมวลเป็น Cu (34.67%) Fe (30.43%) และ S (34.94%) จงหาสูตรอย่างง่ายของสารประกอบนี้
- สารชนิดหนึ่งประกอบด้วย F และ Xe โดยมี Xe 53.5% โดยมวล จงหาสูตรอย่างง่ายของสารชนิดนี้

78

แบบฝึกหัด: การดุลสมการเคมี

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

79

แบบฝึกหัด: สมการเคมี และสารกำหนดปริมาณ

- จงคำนวณหาปริมาณของ $O_2(g)$ ที่ได้เมื่อ $MnO_2(s)$ 30 g สลายตัวดังสมการ
  - $3MnO_2(s) \rightarrow Mn_3O_4(s) + O_2(g)$
- 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

80

แบบฝึกหัด

- แนพทาลีนประกอบด้วย C และ H มี MW 128 g/mol
- **เผา**แนพทาลีน 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 mol) + $O_2(g) \rightarrow CO_2$ (0.0002 mol)
  - CO_2 0.0002 mol มีจำนวน C 0.000234 mol ดังนั้น แนพทาลีน 0.0000234 mol หรือ 3 mg มีจำนวน C 0.000234 mol
  - **แนททาลีน 3 mg มี C** (0.000234molx12 g/mol) =2.81mg
    - **มี H** = 0.189 mg = 0.000189 โมล
  - **อัตราส่วนโมลของ** C:H =2.34: 1.89

81