제3장
화학식과 화학방정식에 의한 계산

3.1 화학의 기본법칙
3.2 원자량, 분자량, 화학식량
3.3 화학식
3.4 당량
3.5 몰의 개념
3.6 화학식 만들기와 명명
3.7 화학반응식
3.8 화학반응식에서의 양적계산

3.1 화학의 기본법칙

(1) 원자에 관한 법칙

질량보존의 법칙, 일정성분비의 법칙, 배수비례의 법칙

– 질량보존의 법칙

반응물 (reactant) → 생성물 (product)

A + B → C + D

- 하나의 화학반응식에서 원자는 창조되거나 소멸되지 않음
- 질량은 창조되지도 않고 소멸되지도 않음

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

$$\underbrace{4.0\,g + 32.0\,g}_{\text{반응 전 전체질량}} = \underbrace{36.0\,g}_{\text{반응 후 전체질량}}$$

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

– 일정성분비의 법칙

$C + O_2 \rightarrow CO_2$

주어진 하나의 화합물의 성분원소의 질량비는 항상 일정함 $12g : 32g \Rightarrow 3 : 8$

문제 3.2

탄소가 연소하여 이산화탄소로 될 때 질량비는 3 : 8이다.
탄소 9 g과 산소 16 g을 반응시키면 이산화탄소 몇 g이 생기는가?
또 이 중에서 반응하지 않고 남아있는 물질과 질량은 몇 g인가?

– 배수비례의 법칙

두 종류의 원소 A,B가 화합하여 두 종류 이상의 화합물을 만들 때 각 화합물에서 A의 일정량에 대한 B의 양은 간단한 정수비를 이룸

CO와 CO_2에서 탄소 12g과 반응하는 산소의 질량비는 $O:O_2 = 16g:32g = 1:2$

문제 3.3

황 32.0 g은 조건에 따라 산소 32.0 g 또는 48.0 g과 반응하여 각각 SO_2와 SO_3를 생성한다.
이사실로부터 배수비례의 법칙을 설명하여라.

3.1 화학의 기본법칙

(2) 분자에 관한 법칙

– 기체반응의 법칙

일정한 온도와 일정한 압력 밑에서 서로 반응하는 기체 또는 반응에 의해서 생성되는 기체의 부피 사이에는 간단한 정수비가 성립함

$$\underset{\text{1부피}}{N_2(g)} + \underset{\text{1부피}}{O_2(g)} \rightarrow \underset{\text{2부피}}{2NO(g)}$$

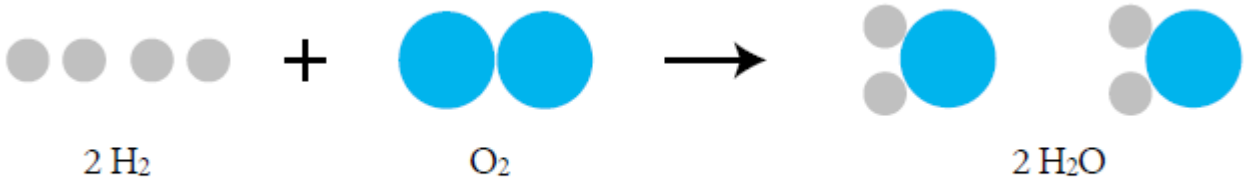


그림 3.1 분자설에 의한 기체반응의 법칙

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

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

– 아보가드로의 법칙

모든 기체는 그 종류에 관계없이 같은 온도, 같은 압력에서 같은 부피속에 같은 수의 분자가 포함됨

• 실험에 의하면 표준상태(0°C, 1 atm)에서의 모든 기체는 22.4ℓ 부피 속에는 6.02×10^{23}개의 입자가 포함되어 있으며, 이 수를 **아보가드로수**라고 함

• 원자의 경우 원자량에 g을 붙인 질량에는 아보가드로수 만큼 원자들이 들어있음

– C ▶ 12 g ▶ 6.02×10^{23} 개

– H ▶ 1 g ▶ 6.02×10^{23} 개

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

표준상태(STP, standard temperature and pressure): 0°C, 1기압

예제 표준상태(0℃, 1 atm)에서 염소기체 22.4 cm^3 속에는 몇 개의 염소분자가 들어 있을까?

(cm^3 = ㎖ = cc)

풀이 아보가드로의 법칙에 의하면 표준상태에서의 모든 기체는 22.4 ℓ 부피 속에는 6.02×10^{23}개의 분자가 포함되어 있다. (ℓ = 1000 ㎖ = 1000 cm^3)

따라서 표준상태에서 22.4 cm^3 속에 포함되어 있는 염소분자의 수는

$$6.02\times10^{23}(\text{개})\times\frac{22.4\,cm^3}{22400\,cm^3}=6.02\times10^{20}(\text{개})$$

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

3.2 원자량, 분자량, 화학식량

(1) 원자량

- 특정환경하에서 해당원소의 동위원소의 존재비율에 따라 **가중평균한 질량**을 말함
- **질량수 12인 탄소원자의 질량을 기준으로 삼음** (atomic mass unit, amu) (다른 원소들을 상대적으로 비교)
- 질량수 12인 탄소원자의 원자질량을 1.992×10^{-23} g (=12 amu)으로 정함
- 1 amu = 1.992×10^{-23} g의 1/12의 질량 (1.660×10^{-24} g)
- 다른 동위원소가 C-12 보다 2.84배 더 무거우면 무게는 $2.84 \times 12 = 34.08$ amu

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

평균원자질량

- 주기율표를 보면, 탄소의 원자질량 = 12.00 amu가 아닌 12.01 amu로 표시

이유: 탄소는 두 개의 동위원소로 존재

(C-12, 98.89%; C-13, 1.11%)

따라서 평균 원자질량으로 표시 (가중 평균치)

원소	동위원소 기호	원자핵의 구성		질량수	동위원소의 원자량 ($_6C^{12}$=12)	동위원소의 존재비	평균 원자량
		양성자수	중성자수				
수소	$_1H^1$ $_1H^2$	1 1	0 1	1 2	1.00783 2.01410	99.985 0.015	1.00797
탄소	$_6C^{12}$ $_6C^{13}$	6 6	6 7	12 13	12 12.99856	98.892 1.108	12.01115

탄소의 평균 원자질량 =

(0.9890)(12.00000amu) + (0.0110)(12.99856amu) = 12.01 amu

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

문제 3.4 자연계에 존재하는 염소의 질량은 35, 37인 동위원소로 되어 있다. 각각 비율은 75.4%, 24.6%인 혼합물이다. 염소의 원자량은 얼마인가?

(2) 분자량

질량수가 12인 $^{12}_{6}C$ 의 원자량은 12.00로, 이것을 기준으로 하여 비교한 다른 분자의 상대적 질량

O_2의 분자량 $= 2 \times$ (산소의 원자량) $= 2 \times 16.00 = 32.00$

$KClO_3$의 분자량 $=$ (칼륨의 원자량) $+$ (염소의 원자량) $+ 3 \times$ (산소의 원자량)
(염소산칼륨) $= 39.10 + 35.45 + 3 \times 16.00 = 122.55$

문제 3.5 (a) NH_3 1몰에는 N원자 ( )몰과 H원자( )몰이다.
(b) NH_3는 ( )원자 분자이다.

문제 3.6 다음 물질의 분자량을 구하여라.
(a) CO_2 (b) N_2 (c) SO_3 (d) H_2SO_4

(3) 화학식량

분자로 존재하지 않는 이온결정 물질의 경우에는 그 화학식으로부터 각 원자의 원자량의 총합을 **화학식량** 또는 간단히 식량이라 함

$$\mathrm{NaCl}\text{의 화학식량} = 23.0 + 35.5 = 58.5$$

$$\mathrm{MgSO_4}\text{의 화학식량} = 24.3 + 32.0 + 4 \times 16.0 = 120.3$$

이온식 중에 포함된 각 원자의 원자량의 총합을 **이온식량**이라 함

$$\mathrm{Na^+}\text{의 이온식량} = 23.0$$

$$\mathrm{CO_3^{2-}}\text{의 이온식량} = 12.0 + 3 \times 16.0 = 60.0$$

3.3 화학식

물질을 구성하는 원자나 분자를 원소 기호를 사용하여 표시한 식을 화학식이라 함
(실험식, 분자식, 시성식, 구조식)

화학식을 쓰는 법

- 화학적 화합물을 간단하게 나타내는 방법
- 원자들이나 이온들의 형태, 화합물에서 이들 원자나 이온들의 비율에 대한 정보를 제공해줌

$CaCl_2$ ← 원자들이나 이온들의 비율을 보여주는 아래숫자
하나의 칼슘이 2개의 염소와 결합

원자들이나 이온들의 형태를 보여주는 기호

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

(1) 실험식 (원소들의 원자 개수를 가장 간단한 상대적 비율)

• 분자 속에 포함된 원자의 종류와 그 수를 가장 간단한 정수의 비로 표시한 식을 실험식 또는 조성식이라 함

• 아세트산의 분자식은 $C_2H_4O_2$이지만 원자 간의 구성비는 1:2:1이므로 실험식은 CH_2O

• NaCl과 같은 이온 화합물은 구성단위가 분자로 되어 있는 것이 아니고, Na^+과 Cl^-의 집합체이므로 실험식은 NaCl

실험식을 구하는 법 : 순물질 속에 포함된 성분원소의 조성을 알고 있으면, 이것을 성분원소의 원자량으로 나누어 실험식을 구할 수 있음

예제 질량으로 산소 60.0%, 황 40.0%를 포함하고 있는 화합물의 실험식을 구하여라.

풀이 시료를 100 g으로 잡으면 화합물 속에 들어있는 백분율과 수 값이 같으므로 편리하다.

$$\text{O의 몰수} = 60.0\,\text{g} \times \frac{1\,\text{mol}}{16.0\,\text{g}} = 3.75\,\text{mol}$$

$$\text{S의 몰수} = 40.0\,\text{g} \times \frac{1\,\text{mol}}{32.0\,\text{g}} = 1.25\,\text{mol}$$

각 원자의 몰수비를 정수의 비로 표시하면

O : S = 3.75 : 1.25 = 3 : 1이다.

따라서 실험식은 SO_3이다.

(2) 분자식 (각 원소들의 원자 개수를 명확히 표현)

• 분자 속에 들어있는 원자들을 같은 원자끼리 한데 모아서 나타낸 식을 분자식이라 함

• 아세틸렌과 벤젠은CH라는 실험식으로 표시되지만 분자식은 C_2H_2와 C_6H_6

분자식을 구하는 법 :

실험식에 n을 곱한 값이 분자식이므로 이것은 분자량만 알면 다음 등식으로 구할 수 있음 (실험식) × n = 분자식

표 3.1 분자식과 실험식

물 질	인	물	아세트산	벤젠	아세틸렌	이산화일질소	사산화이질소
분자식	P_4	H_2O	$C_2H_4O_2$	C_6H_6	C_2H_2	NO_2	N_2O_4
실험식	P	H_2O	CH_2O	CH	CH	NO_2	NO_2

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

예제 어떤 화합물을 분석한 결과 탄소가 92.3%, 수소가 7.7%이며 분자량은 78 amu. 이다. 이 화합물의 분자식을 구하여라.

풀이 탄소와 수소의 원자수의 비는 각 원소의 질량수를 원자량으로 나눈값의 비이다.

$C : H = \frac{92.3}{12} : \frac{7.7}{1} = 7.7 : 7.7 = 1 : 1$이다.

따라서 실험식은 CH이며 분자식은 $(CH)_n = 78$

$\therefore 13 \times n = 78$ $\therefore n = 6$이므로 분자식은 C_6H_6이다.

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

(3) 시성식

- 분자 속에 들어있는 기(radical)의 결합상태를 나타내어 성질을 나타낸 식을 시성식이라 함
- 분자식으로만으로는 물질의 성질을 알 수가 없으나 시성식으로는 물질의 성질을 알 수 있음

표 3.2 분자식과 시성식

물질	메탄올	아세트산	아세트알데하이드	아세톤	다이메틸에터
분자식	C_3H_4O	$C_2H_4O_2$	C_2H_4O	C_3H_6O	C_2H_6O
시성식	CH_3OH	CH_3COOH	CH_3CHO	CH_3COCH_3	CH_3OCH_3

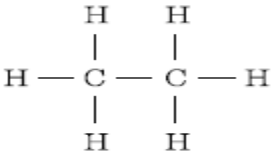
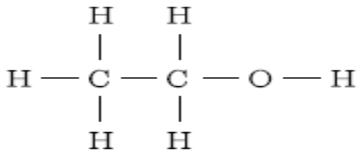
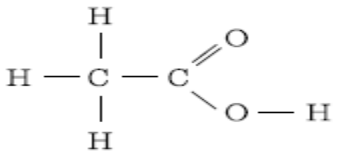
$$R{-}CH_3$$

메틸기 (세 개의 수소 원자와 결합된 하나의 탄소 원자를 포함하는 메테인에서 나온 작용기)

(4) 구조식

• 분자식을 구성하고 있는 원자의 결합상태나 배열상태를 원자가와 같은 수의 선으로 나타낸 것을 구조식이라 함 (분자 속의 원자배치를 나타낸 식)

표 3.3 분자식과 구조식

분자식	N_2	C_2H_6	C_2H_6O	$C_2H_4O_2$
구조식	N ≡ N			

(5) 이온식

• 이온을 구성하는 원자의 종류와 수를 원소기호를 써서 표시하고, 이온의 전하수도 함께 나타낸 식을 이온식이라 함

이온이름	나트륨이온	염화이온	탄산이온		암모늄이온		인산이온	
이온식	Na^+	Cl^-	CO_3^{2-}		NH_4^+		PO_4^{3-}	
원자의 종류	Na	Cl	C	O	N	H	P	O
원자의 수	1	1	1	3	1	4	1	4
전하량	1+	1−	2−		1+		3−	

3.4 당량

- 어떤 원소가 수소 1.008 g(11.2ℓ) 또는 산소 8 g(5.6ℓ)과 결합 또는 치환할 수 있는 원소의 양을 그 원소의 당량(equivalent weight)이라 함
- 화학량론적으로 각 원소나 화합물에 할당된 일정한 물질량
- 여기에 g단위를 붙인 것을 g당량 이라 함

$$\text{원소의 당량} = \frac{\text{원자량}}{\text{원자가}},\ \text{원자량} = \text{당량} \times \text{원자가}$$

1) 원자, 이온의 당량: $Al^{3+} = \frac{27}{3} = 9\text{g}$

2) 분자의 당량: $H_2SO_4 = \frac{98}{2} = 49\text{g}$

$$Ca(OH)_2 = \frac{74}{2} = 37\text{g}$$

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

3.5 몰(mole)의 개념

- 1몰 : 입자 6.023 X 10^{23}개의 모임을 말함

원자, 분자, 이온 ⇒ 1 mol ⇒ 6.02×10^{23}개

22.4 ℓ

수소 1.008 g	⟶	0.5 mol 11.2 ℓ 3×10^{23}개	산소 8 g	⟶	1/4 mol 5.6 ℓ 1.5×10^{23}개

(1) 1 g 원자

원자량에 g을 붙인 값을 1 g 원자(원자 1몰)라고 함

탄소의 원자량은 12.00이므로 12.00 g의 탄소에는 탄소원자 6.02 X 10^{23}개가 포함되며 1g 원자량에 해당됨

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

$$\therefore \text{원자1개의질량} = \frac{\text{원자량}}{6.02 \times 10^{23}}$$

$$\text{탄소원자 1개의 질량} = \frac{12.00\,\text{g}}{6.02 \times 10^{23}} = 1.99 \times 10^{-23}\,\text{g}$$

표 3.4 원자량과 g 원자량

원 자	원 자 량	1 g 원자량	원 자 수	원자 1개의 질량
H	1.01	1.01 g	6.02×10^{23}	1.68×10^{-24} g
O	16.00	16.00 g	6.02×10^{23}	2.66×10^{-23} g

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

(2) 1 g 분자

- 분자량에 g을 붙인 값을 1 g 분자(분자 1몰)라고 함
- 분자도 원자와 같이 6.02 X 10^{23}개의 분자의 모임을 하나의 단위로 함
- 이산화탄소 1g 분자량은 44 g이며 6.02 X 10^{23}개의 분자가 들어있음

$$\therefore \text{분자1개의질량} = \frac{\text{분자량}}{6.02\times10^{23}}$$

$$\text{이산화탄소 1개의 질량} = \frac{44\,\text{g}}{6.02\times10^{23}} = 7.31\times10^{-23}\,\text{g}$$

표 3.5 분자량과 g분자량

분 자	분 자 량	1g 분자량	부피(1몰)	원자수	분 자 수	분자 1개의 질량
O_2	32.00	32.00 g	22.4 ℓ	$2\times6.02\times10^{23}$	6.02×10^{23}	5.32×10^{-23}g
CO_2	44.00	44.00 g	22.4 ℓ	$3\times6.02\times10^{23}$	6.02×10^{23}	7.31×10^{-23}g

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

(3) 1 g 화학식량과 g 이온식량

• 이온결합 물질의 화학식량에 g단위를 붙인 값을 1 g 화학식량이라 하며 이온량에 g단위로 표시한 값을 g이온식량이라 함

$NaCl$	$\rightarrow$	Na^+	$+$	Cl^-
1몰(6.02×10^{23}개)		1몰(6.02×10^{23}개)		1몰(6.02×10^{23}개)
(58.5 g)		(23 g)		(35.5 g)
(화학식량)				

문제 3.8

(a) 수소기체 2.02 g은 몇 g 원자량이며 그 속에는 몇 개의 원자가 있는가?
(b) H_2O분자 1개의 질량은 얼마이며, 1 g 중에는 몇 개의 분자가 있는가?
(c) $CaCl_2$ 0.5몰 속의 총 이온수는?
(d) H_2O 분자 2몰 속에 들어있는 원자의 총 개수는?
(e) 산소분자 2몰 속의 산소 분자수는?

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

몰(mole)

- 1몰 (mol) = 아보가드로수 (6.02×10^{23}) 또는 이러한 입자들을 포함하는 어느 한 물질의 그램수
- 1몰의 Na에는 Na 원자가 6.02×10^{23}개 있음
- 1몰의 무게는 입자들의 성격에 의존함
- 어떤 원소 1몰의 원자는 그 원소의 그램으로 나타낸 원자량과 일치함

1 amu의 무게 = 1.66×10^{-24}g, 1개 Na 원자 = 23 amu,

1몰 = 6.02×10^{23}개 그러므로 1몰 Na의 무게는 1.66×10^{-24} g X 23 X 6.02×10^{23} = 23 g

- 1몰 Na = Na 원자 6.02×10^{23}개 (개수) = 23 g(무게)

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

- 기체상태의 물질 1몰은 표준온도와 압력에서 22.4 ℓ 의 부피를 차지함

1 mol = 6.02×10^{23}개의 분자

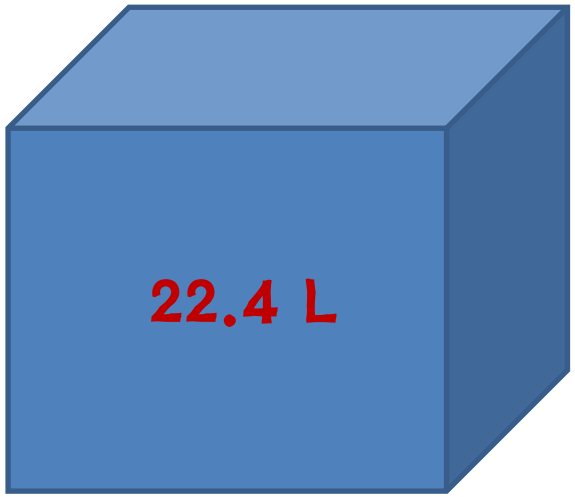
6.02×10^{23}개의 화학식 단위

6.02×10^{23}개의 원자

6.02×10^{23}개의 이온

131.3 g Xe

71.90 g Cl_2



16.04 g CH_4

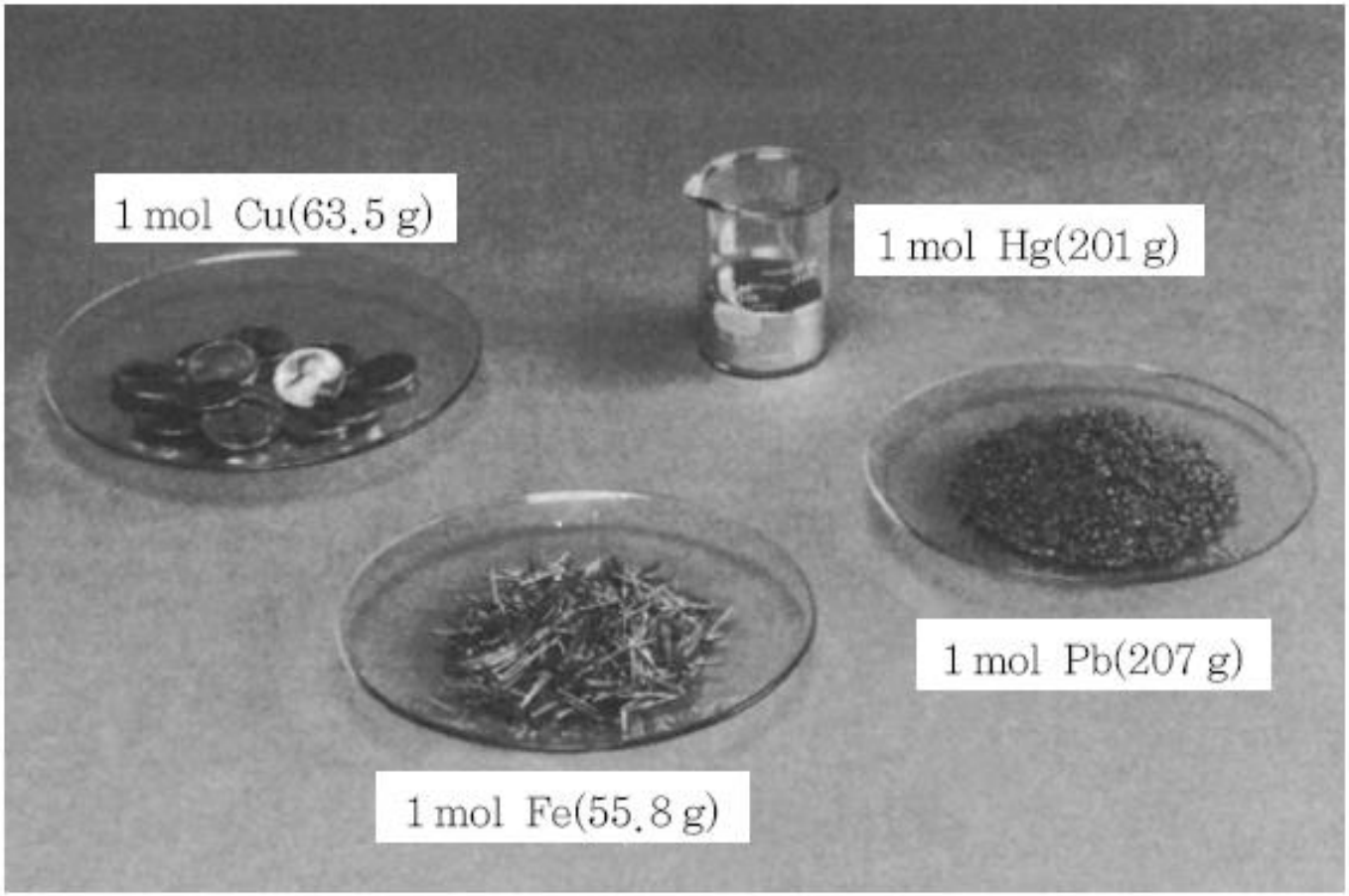
16.00 g O_2

36.46 g HCl

44.01 g CO_2

28.02 g N_2

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

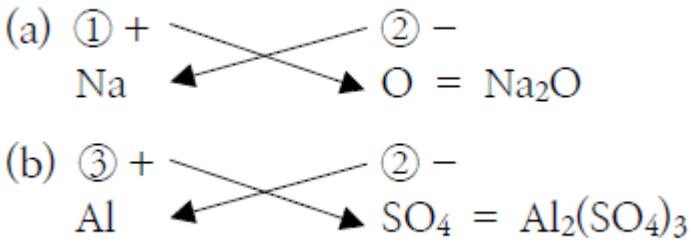


무게가 같지 않더라도 구리·수은·납·철의 이온 수는 모두 같다.

중원대학교
JUNGWON UNIVERSITY

3.6 화학식 만들기와 명명

- 이온 화합물로부터 화학식을 쓸 경우 먼저 양이온과 음이온의 전하량의 균형을 맞춤



1A(+1)			(+4,−4)				8A
1 H	2A(+2)	3A(+3)	4A	5A(−3)	6A(−2)	7A(−1)	1 He
3 Li	4 Be	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

전형원소들의 일반적 이온들

I 군	II 군	III 군	V 군	VI 군	VII 군
Li^+	Be^{2+}	Al^{3+}	N^{3+}	O^{2-}	F^-
Na^+	Mg^{2+}		P^{3+}	S^{2-}	Cl^-
K^+	Ca^{2+}			Se^{2-}	Br^-
Rb^+	Sr^{2+}			Te^{2-}	I^-
Cs^+	Ba^{2+}				

전이와 후전이 금속의 일반적 이온들

금속	이온	금속	이온	금속	이온
Chromium	Cr^{2+}, Cr^{3+}	Copper	Cu^+, Cu^{2+}	Tin	Sn^{2+}, Sn^{4+}
Manganese	Mn^{2+}, Mn^{3+}	Zinc	Zn^{2+}	Lead	Pb^{2+}, Pb^{4+}
Iron	Fe^{2+}, Fe^{3+}	Silver	Ag^+		
Cobalt	Co^{2+}, Co^{3+}	Cadmium	Cd^{2+}		
Nickel	Ni^{2+}				

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

- **원자단(Radical)**

화학변화가 일어날 때에 분해 또는 파괴되지 않고, 마치 한 원자처럼 한 분자에서 다른 분자로 이동하는 **원자의 집단**을 원자단 또는 기라고 함

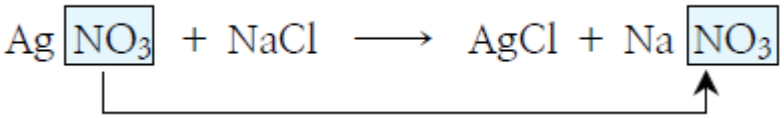


표 3.6 자주 사용하는 원자단

원 자 단	기 호	원 자 단	기 호	원 자 단	기 호
수 산 기	OH^-	탄산기	CO_3^{2-}	인산기	PO_4^{3-}
황 산 기	SO_4^{2-}	염소산기	ClO_3^-	붕산기	BO_3^{3-}
질 산 기	NO_3^-	과망간산기	MnO_4^-	중크롬산기	$Cr_2O_7^{2-}$
암 모 늄 기	NH_4^+	크롬산기	CrO_4^{2-}	아세트산기	CH_3COO^-

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

- **무기 화합물의 명명법**

– 두 가지 원소로 된 화합물(이성분 화합물)에서는 음성 원소명에 "소"는 생략하고 –화(ide)를 붙이며 양성 원소명을 부름

Na_2O	산화나트륨(sodium oxide)
HCl	염화수소(hydrogen chloride)

– 양성 원소가 두 가지 이상의 원자가를 가진 경우에는 양성 원소의 끝의 ( ) 안에 로마 숫자로 원자가를 적어 넣어 구별함

$FeCl_2$	염화철(Ⅱ) (iron(Ⅱ) chloride)
$FeCl_3$	염화철(Ⅲ) (iron(Ⅲ) chloride)

– 비금속 원소로 된 화합물에서는 원소의 원자수를 표시하기 위해 mono(일), di(이), tri(삼)를 표시하여 사용함

N_2O	일산화이질소(dinitrogen oxide)
NO_2	이산화질소(nitrogen dioxide)
N_2O_3	삼산화이질소(dinitrogen trioxide)

접두사

1– Mono	11– Undeca
2– Di	12– Dodeca
3– Tri	13– Trideca
4– Tetra	14– Tetradeca
5– Penta	15– Pentadeca
6– Hexa	16– Hexadeca
7– Hepta	17– Heptadeca
8– Octa	18– Octadeca
9– Nona	19– Nonadeca
10– Deca	20– Icosa

N_2O_3

di nitrogen tri oxide

두 개의 질소원자를 나타냄

세 개의 산소원자를 나타냄

CO 일산화 탄소 (carbon monoxide)

CO_2 이산화 탄소 (carbon dioxide)

PCl_3 삼염화 인 (phosphorus trichloride)

SO_2 이산화 황 (sulfur dioxide)

P_2O_5 오산화 이인 (diphosphorus pentoxide)

CCl_4 사염화 탄소 (carbon tetrachloride)

N_2O 일산화 이질소 (dinitrogen monoxide)

N_2O_4 사산화 이질소 (dinitrogen tetroxide)

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

– 세 가지 원소로 된 화합물(삼성분화합물)에서는 음성 부분을 먼저 부르고 나중에 양성부분을 부름

Na_2CO_3 탄산나트륨(sodium carbonate)
$KClO_3$ 염소산칼륨(potassium chlorate)

– Acid의 명명법은 **음이온에 산소가 포함되어 있는 산소산**과 포함되어 있지 않은 **수소산**인 경우에 서로 다름

• **산소산**인 경우 중심원자의 원소 이름 끝에 **산**을 붙여 부름 (이때에 **중심원소의 이름 "소"는 생략**함)

HNO_3(nitric acid) 질산
H_3BO_3(boric acid) 붕산

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

- 수소산의 경우 화합물 끝에 산을 붙임

HF 플루오르화 수소산(hydrofluoric acid)
H_2S 황화수소산(hydrogen sulfide)

- 이원소성 산 (binary acids): 수소와 비금속으로 이루어져 있고 물에서 산성경향을 나타내는 물질. 수소가 맨 앞에 와야 함 (HCl, HI, H_2S). CH_4, NH_3는 산성 없음
- 이원소성 산의 명명법
  - 접두사 hydro 씀
  - 두 번째 원소의 이름 끝에 –ic를 붙임
  - 맨 뒤에 acid라는 말을 첨가함

HF 플루오르화 수소산(hydrofluoric acid)
H_2S 황화수소산(hydrogen sulfide) = Hydrosulfuric acid

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

자주 사용하는 시약의 원소명

$NaOH$(sodium hydroxide)

KOH(potassium hydroxide)

$KMnO_4$(potassium permanganate)

$Na_2C_2O_4$(sodium oxalate)

$Na_2S_2O_3$(sodium thiosulfate)

H_2SO_4(sulfuric acid)

HCl(hydrochloric acid)

HNO_3(nitric acid)

$C_2H_4O_2$(oxalic acid)

문제 3.9

다음 화합물을 화학식으로 써라.

(1) 산화나트륨
(2) 육플루오르화황
(3) 산화구리(Ⅰ)(Ⅱ)
(4) 산화철(Ⅱ)(Ⅲ)
(5) 중크롬산칼륨
(6) 황화철(Ⅲ)
(7) 수산화칼슘
(8) 플루오르화수소
(9) 황산구리-5수화물
(10) 황산알루미늄
(11) 인산칼슘
(12) 십산화사인

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

3.7 화학반응식

- 화학반응에 참여하는 모든 원소와 화합물을 화학식으로 표시하여 반응을 나타낸 것
- 반응물과 생성물을 형성하는 물질은 원자, 이온, 분자, 이온군 가능
- 하나의 화학반응식에서 원자는 창조되거나 소멸되지 않음
- 그러므로 반응을 나타내는 화학식은 반응물과 생성물이 동일한 수의 원자를 갖도록 균형을 이루어야 함 (질량보존의 법칙)

- **수소가 연소해서 물이 되는 반응을 반응식으로 나타내면 다음과 같음**

(1) 반응 전의 물질은 왼쪽에 쓰고, 반응 후의 물질은 오른쪽에 쓰며, 이 사이를 화살표로 연결한다.

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

(2) 반응 전의 물질과 반응 후의 물질이 원자수가 같도록 하기 위하여 계수를 사용한다.

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

(3) 화학반응에서는 (g) : 기체(gas), (ℓ) : 액체(liquid), (s) : 고체(solid), (aq) : 수용액(aqueous)이라는 약자를 사용하여 물리적 상태를 나타낸다.

- **이원자성 분자 (Diatomic molecules)**

자연계에 원자로서 존재하지 않으며 항상 같은 종류의 원자가 결합되어 있는 형태

Hydrogen (H_2)
Nitrogen (N_2)
Oxygen (O_2)
Fluorine (F_2)
Chlorine (Cl_2)
Bromine (Br_2)
Iodine (I_2)

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

- 메탄(CH_4)이 연소하여 이산화탄소가 생성되는 반응은 다음과 같음

$$CH_4 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$$

C … 왼쪽 오른쪽 모두 1이다.

H … 왼쪽은 4, 오른쪽은 2이므로 H_2O의 계수는 2

$CH_4 + O_2 \rightarrow CO_2 + 2\,H_2O$

O … 오른쪽 O의 총수는 4개이므로, 왼쪽 O_2를 4 O로 만들기 위하여 계수는 2이다.

따라서 $CH_4 + 2\,O_2 \rightarrow CO_2 + 2\,H_2O$

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

화학반응식의 균형맞추기

- 각 반응물과 생성물에 대한 화학식을 씀. 한번 화학식을 쓰면 식을 바꾸지 말고 계수들만 변경할 수 있음 (CO와 2CO, CO와 CO_2)
- 가장 복잡한 식을 나타내는 화합물에 계수 1을 주고서 시작
- 나머지 원소들에 대해 균형을 맞춤. 산소를 가장 나중에 맞춤
- 반응에서 변하지 않은 다원자성 이온들은 한 단위로 취급함
- 균형을 맞춘 후에 다시 한번 검토

문제 3.10 다음 화학반응식의 계수를 맞추어라.

(a) $C_2H_2 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$

(b) $C_6H_{12}O_6 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$

예제

- 다음 반응식의 균형을 맞추어라.

$Na + Cl_2 \rightarrow NaCl$

$Na + Cl_2 \rightarrow 2NaCl$

$2Na + Cl_2 \rightarrow 2NaCl$

반응식 양쪽에 각각 두 개의 소디움 원자와 염소원자가 존재함

- 황을 함유한 석탄이나 석유가 연소될 때에는 소량의 오염물질인 삼산화황이 공기중으로 방출된다. 이 반응에 대한 화학반응식을 써라.

$S + O_2 \rightarrow SO_3$

$S + 3O_2 \rightarrow 2SO_3$

$2S + 3O_2 \rightarrow 2SO_3$

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

- 알루미늄이 황산과 반응하면 수소기체와 황산알루미늄이 만들어진다.

$Al + H_2SO_4 \rightarrow H_2\ (g) + Al_2(SO4)_3$

$Al_2(SO_4)_3$ 에 계수 1

$2Al + H_2SO_4 \rightarrow H_2\ (g) + Al_2(SO4)_3$

황산이온 (SO_4^{-2}) 의 균형맞춤

$2Al + 3H_2SO_4 \rightarrow H_2\ (g) + Al_2(SO4)_3$

수소 균형맞춤

$2Al + 3H_2SO_4 \rightarrow 3H_2\ (g) + Al_2(SO4)_3$

원자기호	반응물쪽 원자수	생성물쪽 원자수
Al	2	2
H	6	6
S	3	3
O	12	12

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

3.8 화학반응식에서의 양적계산

	$2H_2$	+	O_2	→	$2H_2O$
① 반응물질과 생성물질 ·····	수소	+	산소	→	물(수증기)
② 질량 불변의 법칙(무게) ·····	2×2 g	+	32 g	=	2×18 g
③ 일정 성분비의 법칙(무게비) ·····	1 g	:	8 g	:	9 g
④ 기체 반응의 법칙(부피비) ·····	2부피	:	1부피	:	2부피
⑤ 아보가드로의 법칙(분자수) ·····	2분자	+	1분자	=	2분자
⑥ 각 물질의 몰수의 비 ·····	2몰	+	1몰	→	2몰

$$\left(\begin{array}{c}2\times2\,\mathrm{g}\\2\times22.4\,\ell\\2\times6\times10^{23}\text{개}\end{array}\right)\left(\begin{array}{c}1\times32\,\mathrm{g}\\1\times22.4\,\ell\\1\times6\times10^{23}\text{개}\end{array}\right)\left(\begin{array}{c}2\times18\,\mathrm{g}\\2\times22.4\,\ell\\2\times6\times10^{23}\text{개}\end{array}\right)$$

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

(1) 질량관계

화학 반응식에서는 질량 보존의 법칙이 성립되므로, 반응 물질과 생성 물질 중 어느 하나의 질량이 주어지면 비례식에 의해 나머지 하나의 질량을 계산할 수 있음

액체 연료인 메탄올(CH_3OH) 100 g이 연소할 때 생기는 이산화탄소의 질량은 다음과 같은 관계로 구할 수 있음

① 화학 반응식을 쓴다.

$$2CH_3OH + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 4H_2O$$

② 필요한 물질의 분자식 밑에 분자량에 의한 질량을 표시한다.

$$\begin{array}{ccc} 2CH_3OH + 3O_2 & \rightarrow & 2CO_2 + 4H_2O \\ 2\times32.0\ g & & 2\times44.0\ g \end{array}$$

③ 문제에서 주어진 물질의 질량을 그 분자식 밑에 적어서 구하려는 물질의 질량을 x로 놓고, x의 값을 계산한다.

$$\begin{array}{ccc} 2CH_3OH + 3O_2 \rightarrow & & 2CO_2 + 4H_2O \\ 2\times32.0\ g & : & 2\times44.0\ g \\ 100\ g & : & x\ g \end{array}$$

$$\therefore x = \frac{2\times44.0}{2\times32.0}\times100 = 137.5(g)$$

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

(2) 부피관계

반응 물질과 생성 물질이 기체인 반응에서는 기체 반응의 법칙이 성립되므로, 반응 물질과 생성 물질 중 어느 하나의 부피가 주어지면 나머지 하나의 부피를 계산할 수 있음

기체 연료인 프로페인(C_3H_8) 200 ℓ를 연소할 때, 이산화탄소가 0°C, 1 atm에서 몇 ℓ 생기는가

① 화학반응식을 쓴다.

② 계수로부터 부피를 적는다.

③ 비례식을 만든다.

④ x를 구한다.

$$C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$$
$$22.4\,\ell \;:\; 3\times 22.4\,\ell$$
$$200\,\ell \;:\; x\,\ell$$
$$\therefore\ x = \frac{3\times 22.4\times 200}{22.4} = 600(\ell)$$

$$C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$$
$$1\ \text{mol} \;:\; 3\ \text{mol}$$
$$200\,\ell \;:\; x$$
$$1 : 3 = 200 : x$$
$$\therefore\ x = 3\times 200 = 600(\ell)$$

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

(3) 질량과 부피의 관계

어떤 물질의 질량을 알고 있으면, 기체 상태에 있는 다른 물질의 부피를 구할 수 있고, 반대로 어떤 기체의 부피를 알고 있으면, 다른 물질의 질량을 구할 수 있음

염소산칼륨($KClO_3$)을 가열하면 산소가 생성되는데, 0°C, 1 atm에서 200g의 $KClO_3$가 분해할 때 생성되는 O_2의 부피를 다음과 같은 단계로 계산할 수 있음

① 화학 반응식을 쓴다.

$$2KClO_3 \rightarrow 2KCl + 3O_2$$

② 2 mol의 $KClO_3$에서 3 mol의 O_2가 생성되므로, 이들에 해당하는 $KClO_3$의 질량과 O_2의 부피를 계산한다.

$$\begin{array}{ccc} 2KClO_3 & \rightarrow & 2KCl + 3O_2 \\ 2\times 122.6\ \mathrm{g} & & 3\times 22.4\ \ell \end{array}$$

③ 200 g의 $KClO_3$로부터 생성되는 O_2의 부피를 x라 하고, 비례식을 만들어 x를 계산한다.

$$2\times 122.6\ \mathrm{g} : 3\times 22.4\ \ell = 200\ \mathrm{g} : x$$

$$\therefore\ x = 54.8(\ell)$$

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

문제 3.11

아세틸렌 400 g이 연소하는데 몇 g의 산소가 필요한가?
이때 발생하는 CO_2 기체는 0℃, 1 atm에서 몇 ℓ인가?

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY